

Dietmar Craß, Florian Gerheuser und Ulrich Schwemmer

Einleitung (Video 1)

Bei der Spinalanästhesie wird durch Einbringen eines Lokalanästhetikums in den lumbalen Subarachnoidalraum eine regional begrenzte Anästhesie erzielt.

Bereits 1899 berichtete August Bier über „Versuche der Kokainisierung des Rückenmarks“ an sechs Patienten für operative Eingriffe. Die Ära der Spinalanästhesie begann 1905 mit der Publikation Heinrich Brauns über seine Erfahrungen mit subarachnoidal injiziertem Procain. Die einfache und im Vergleich zur damaligen Allgemeinanästhesie sehr sichere Technik erlebte einen raschen Aufschwung. Mit der Weiterentwicklung der Allgemeinanästhetika nach dem 2. Weltkrieg und unter dem Eindruck neurologischer Komplikationen wurde die Spinalanästhesie kritischer gesehen. Seit der Verfügbarkeit dünnerer Spinalkanülen erlebt sie eine Renaissance, weil die Inzidenz postspinaler Kopfschmerzen absank.

Auch nach mehr als 100 Jahren sind die der Spinalanästhesie zu Grunde liegenden neurophysiologischen Abläufe noch nicht im Detail geklärt. Hauptangriffspunkte der auf Rückenmarkebene subarachnoidal applizierten Lokalanäs-

thetika sind die dorsalen und ventralen Spinalnervenwurzeln. Darüber hinaus werden in geringerem Ausmaß die myelin-freien Hinterhornganglien blockiert. Schließlich übt das Lokalanästhetikum eine geringgradige, spät einsetzende blockierende Wirkung auf aufsteigende und absteigende Bahnen im spinalen Neuroparenchym aus. Über die Liquorzirkulation kommt es zum longitudinalen Transport intrathekal applizierter Substanzen zu anderen Rückenmarkabschnitten und den höheren Strukturen des Zentralnervensystems.

1 Indikationen

Prinzipiell lassen sich alle Eingriffe an der unteren Extremität, am Perineum und im unteren Abdomen in Spinalanästhesie durchführen. Die intrathekale Einzelinjektion schafft je nach verwendetem Lokalanästhetikum und Höhe der erforderlichen Anästhesie beim Erwachsenen einen operativ nutzbaren Zeitraum von 1–2 h.

- ▶ Bei Kindern gilt: je jünger der Patient ist, desto kürzer hält die Wirkung an.

Bei der kontinuierlichen Spinalanästhesie mittels Katheter limitiert die Toleranz des wachen Patienten gegenüber der Lagerung die Höchstdauer des Eingriffs.

Die Spinalanästhesie ist bei endoskopischen **urologischen** Eingriffen besonders empfehlenswert, da bei wachen Patienten die neurologischen Symptome des TUR-Syndroms leicht erkannt werden können. Bei der dringlichen **Sectio caesarea** sind die kurze Zeitspanne bis zum Erreichen eines ausreichenden Anästhesieniveaus und das Vermeiden evtl. Intubationsprobleme von Vorteil.

Gegenüber der Allgemeinanästhesie besticht die Spinalanästhesie durch die segmental begrenzte Anästhesieausdehnung. Bei der einzeitigen Spinalanästhesie wird dieser Vorteil durch die ungenügende Vorhersehbarkeit der Ausbreitung relativiert.

Elektronisches Zusatzmaterial: Die Online-Version dieses Kapitels (https://doi.org/10.1007/978-3-662-54507-2_51) enthält Zusatzmaterial, das für autorisierte Nutzer zugänglich ist.

D. Craß

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin & Schmerztherapie, Klinikum Friedrichshafen GmbH/Klinik Tettang GmbH/14 Nothelferkrankenhaus Weingarten GmbH, Friedrichshafen/Bodensee, Deutschland
E-Mail: dietmar.craß@gmx.de

F. Gerheuser (✉)

Zentralklinikum Augsburg, Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Augsburg, Deutschland
E-Mail: florian.gerheuser@klinikum-augsburg.de

U. Schwemmer

Kliniken des Landkreises Neumarkt i.d. Opf., Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Neumarkt i.d. Opf., Deutschland
E-Mail: uschwemmer@web.de

- ▶ Die rasch einsetzende Wirkung bringt ebenso rasch einsetzende Nebenwirkungen, insbesondere einen auf der Sympathikolyse beruhenden Blutdruckabfall, mit sich.

Die kontinuierliche Spinalanästhesie erlaubt durch repetitive Injektionen eine individuell angepasste Dosierung bei allmählicher Ausbreitung der Sympathikolyse und damit größerer hämodynamischer Stabilität.

2 Technik

2.1 Auswahl der Nadeln

Nadeltypen

Spinalnadeln lassen sich nach der Form ihrer Spitze in 2 Gruppen unterteilen (Abb. 1): Kanülen mit schneidender Spitze wie die Nadel nach Quincke-Babcock oder sog. atraumatische Spinalkanülen, wie die symmetrischen „Pencil-point-Nadeln“ nach Sprotte oder Whitacre. Die seitliche Öffnung der 1987 eingeführten Sprotte-Kanüle war größer und weiter von der Spitze entfernt als die der Whitacre-Nadel von 1951. Die große proximale Öffnung der ursprünglichen Sprotte-Kanüle machte die Nadel anfälliger für Beschädigung und führte dazu, dass das Injektat häufiger nur teilweise intrathekal appliziert wurde. 1994 wurde die Sprotte-Nadel umkonstruiert und ist in ihrer heutigen Form der Whitacre-Kanüle relativ ähnlich.

- ▶ Allen Kanülen gemeinsam ist ein Mandrin, der die Spitze verschließt. Damit wird verhindert, dass bei der Punktion

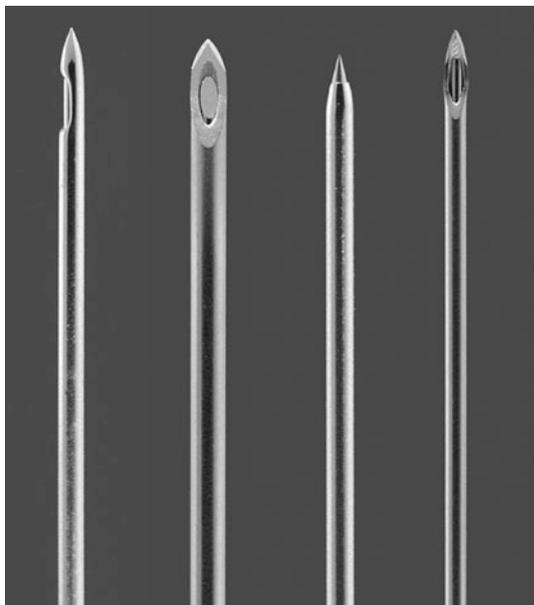


Abb. 1 Verschiedene Spinalnadeln. **a** Sprotte, **b** Quincke, **c** Ballpen, **d** Atraucan

eine Stanze von Haut und Subkutangewebe in den Subarachnoidalraum verschleppt wird, aus der ein Epidermoidtumor entstehen könnte.

Zur Verminderung postduraler Kopfschmerzen wurden immer dünnere Spinalkanülen entwickelt. Für die Routine haben sich Spinalnadeln bis 27G bewährt. Mit abnehmender Nadelstärke nehmen technische Probleme wie Ablenkung der Kanüle im Gewebe, Verbiegung bis hin zum Materialbruch oder Nichterkennen des Spinalraums durch nur zögerlichen Liquorrückfluss zu.

- ▶ **Cave** Die seitliche Öffnung der „Pencil-point-Nadeln“ befindet sich mehr oder weniger weit von der Spitze entfernt, wodurch sie trotz Perforation der Dura noch außerhalb des Subarachnoidalraums liegen kann.

Dünne Quincke-Nadeln werden im Gewebe leichter zur Gegenseite des Anschliffs abgelenkt als „Pencil-point-Nadeln“, dafür werden letztere leichter verbogen, da mehr Kraft zum Durchdringen des Gewebes aufzuwenden ist. Ein langsames Vorschieben der Spinalkanüle soll ein Verbiegen weniger wahrscheinlich machen.

- ▶ Spinalkanülen dünner als 27G sollten nur bei Patienten mit deutlich erhöhtem Risiko für das Auftreten postduraler Kopfschmerzen zum Einsatz kommen. Nur in diesen Fällen wiegen die Vorteile die erhöhte Inzidenz technischer Schwierigkeiten bei der Punktion auf.

Führungskanüle

Der Einsatz einer Führungskanüle empfiehlt sich, um eine Ablenkung oder Beschädigung der Spinalkanüle zu verhindern. Zusätzlich verringert sie die Reibung zwischen Haut bzw. Subkutangewebe und Spinalkanüle und ermöglicht damit ein besseres „Fühlen“ der Perforation von Lig. flavum und Dura mater. Nicht bewiesen ist, dass die Verwendung einer Führungskanüle durch Minimierung des Kontakts zwischen Gewebe und Spinalkanüle die Infektionshäufigkeit senkt.

Es muss darauf geachtet werden, nicht bereits mit der Führungskanüle die Dura zu perforieren.

- ▶ **Cave** Ein Zurückziehen der Spinalkanüle durch die Führungskanüle ist zu vermeiden, da verbogene Spinalnadeln brechen können [1].

2.2 Intraoperative Überwachung des Patienten

Der Patient ist zur Spinalanästhesie grundsätzlich in gleicher Weise zu überwachen wie bei einer Allgemeinanästhesie (▶ Kap. 27, „Kardiozirkulatorisches und respiratorisches Monitoring“ und ▶ Kap. 28, „Zerebrales und spinales

Monitoring“). Ein venöser Zugang ist unverzichtbar. Als weitere Minimalforderungen gelten EKG- und Blutdrucküberwachung sowie die Pulsoxymetrie, letztere insbesondere bei Sedierung des Patienten. Die für eine Allgemeinanästhesie erforderliche materielle und personelle Ausstattung muss vorhanden und jederzeit einsatzbereit sein (► Kap. 33, „Ausstattung des Anästhesiearbeitsplatzes“).

Die früher postulierte These von der „Fixierungszeit“ als Intervall, nach der sich eine Spinalanästhesie nicht weiter ausbreiten kann, ist nicht mehr haltbar. Ein Lagewechsel kann auch nach längerer Zeit zu einer Ausbreitung der Blockade führen, sodass die Patienten bis zur eindeutigen Rückbildung der Blockade zu überwachen sind.

2.3 Lagerung des Patienten

Das Anlegen einer Spinalanästhesie erfolgt in der Regel in Seitenlage oder im Sitzen, ist aber auch in Bauchlage möglich. Ausschlaggebend für die Wahl der Lagerung sind Patientenfaktoren (z. B. Oberschenkelfraktur) und die Präferenz des Anästhesisten. Bei Adipositas ist die Punktion im Sitzen leichter. In jedem Fall erleichtert eine maximale Kyphosierung der Wirbelsäule die Punktion (Abb. 2 und 3).

Bei der Seitenlagerung ist darauf zu achten, dass die Wirbelsäule nicht torquiert ist sowie Schulter und Becken nicht verkippt werden. Dies lässt sich erreichen, indem der Kopf mit einem Kissen unterstützt wird und ein zweites Kissen zwischen den Knien liegt. Das Anziehen der Knie und die Beugung der Halswirbelsäule erleichtern die Punktion durch Kyphosierung der Wirbelsäule. Wird am sitzenden Patienten punktiert, muss eine Hilfsperson vor ihm stehen, um ihn zu stützen und ein Herunterfallen (Kollapsgefahr!) zu verhindern (Abb. 3).

2.4 Asepsis

Die wichtigen Maßnahmen der Infektionsprophylaxe: ► Kap. 50, „Regionalanästhesie: Indikationen, Vorbereitung, Evaluation, Nachsorge, Dokumentation“.

Nach ausreichender Einwirkzeit wird das überschüssige Desinfektionsmittel abgewischt, da es bei Einbringen in den Spinalkanal zu chemischen Irritationen (Neuritis, Meningitis) führen kann.

2.5 Zugangswege

Medianer und paramedianer Zugang

Die Punktion erfolgt beim Erwachsenen in Höhe $L_{4/5}$ oder $L_{3/4}$.



Abb. 2 Seitenlagerung des Patienten zur rückenmarknahen Anästhesie. Schulter und Becken sollten nicht verkippt werden, damit die Wirbelsäule nicht verdreht wird. Dies lässt sich erreichen, indem der Kopf mit einem Kissen unterstützt wird und ein zweites Kissen zwischen den Knien liegt. Das Anziehen der Knie und die Beugung der Halswirbelsäule erleichtern die Punktion durch Kyphosierung der Wirbelsäule („Katzenbuckel“)



Abb. 3 Sitzende Lagerung des Patienten zur rückenmarknahen Anästhesie. Auch hier erleichtert die Kyphosierung der Wirbelsäule („Katzenbuckel“) die Punktion. Der Patient ist unbedingt durch eine Hilfsperson gegen Herunterfallen zu schützen

- Bei Kleinkindern darf wegen des weiter kaudal endenden Rückenmarks nicht höher als L_4 punktiert werden.

Als Orientierungshilfe dient die Verbindung zwischen den Spinae iliacae posteriores superiores, die die Wirbelsäule auf

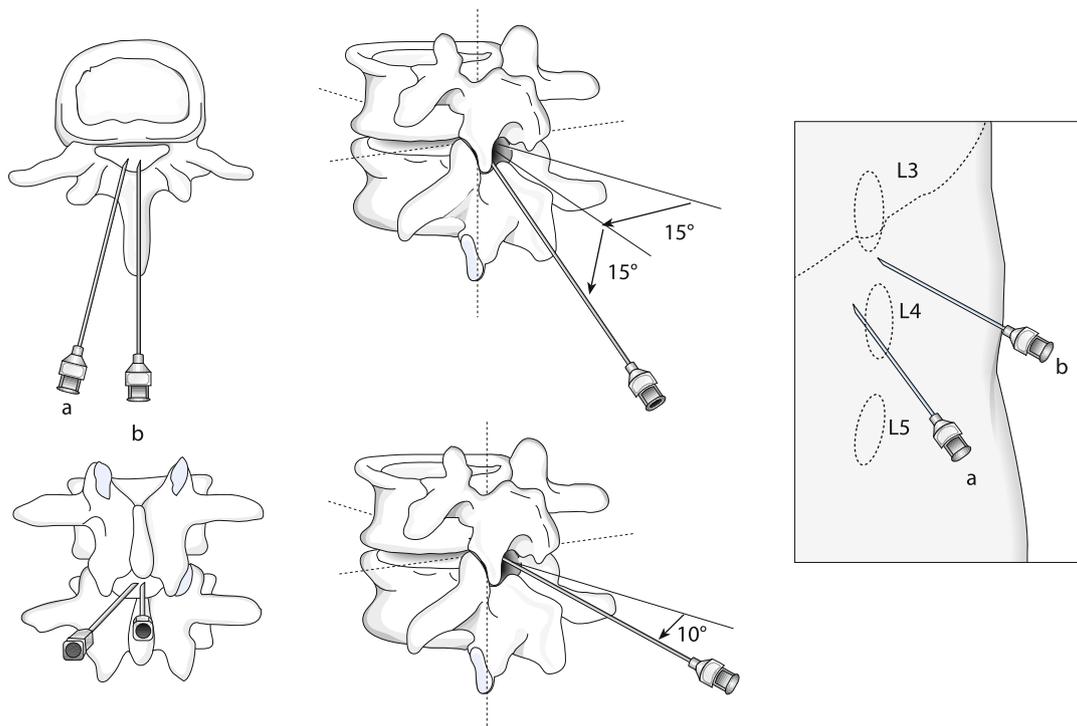


Abb. 4 Paramedianer (Kanüle **a**) und medianer (Kanüle **b**) Zugang bei der Spinalanästhesie. (Nach: [4])

Höhe des 4. Lendenwirbelkörpers oder des Zwischenwirbelaumes $L_{4/5}$ schneidet. Allerdings tendiert diese „Tuffier-Linie“ mit zunehmenden Alter dazu, die Wirbelsäule kranialer zu treffen; zudem ist die Palpation durch das Subkutangewebe unzuverlässig [2]. Dementsprechend tendieren auch Anästhesisten dazu, häufig höher als beabsichtigt zu punktieren [3].

Die Lokalanästhesie von Haut und Subkutangewebe erfolgt beim **medianen Zugang** in der Linie der Dornfortsätze, beim **paramedianen Zugang** etwa 1 cm lateral. Danach penetriert man Haut und subkutanes Bindegewebe in leicht kranialer Richtung mit der Führungskanüle, bis sich strafferes Gewebe fühlen lässt. Bei korrekter Punktionsrichtung zeigt dies das Erreichen des Lig. interspinosum an (Abb. 4).

- Die Führungskanüle verhindert die Ablenkung insbesondere dünner Spinalnadeln. Eine akzidentelle Duraperforation ist möglich, deshalb sollte man eine Vorstellung über die Punktionstiefe haben.

Nun wird die eigentliche Spinalkanüle vorgeschoben. Das Durchdringen des Lig. flavum und der Dura mater lässt sich nicht immer als Widerstandsänderung spüren, insbesondere nicht bei Anwendung scharfer Spinalkanülen. Bei Verwen-

dung von „Pencil-point-Nadeln“ wird häufig ein „**Klickphänomen**“ beschrieben, wenn die mit der Kanüle vorgespannte Dura perforiert wird.

- Nach Entfernen des Mandrin muss Liquor klar und frei abfließen. Bei Verwendung einer dünnen Spinalkanüle (<25G) muss man längere Zeit warten oder vorsichtig aspirieren.

Lateraler Zugang nach Taylor

Bei Skoliose, Kalzifizierungen oder sonstigen Schwierigkeiten mit der medianen oder paramedianen Technik bietet sich dieser laterale Zugang zum größten Zwischenwirbelraum L_5/S_1 an. Die Einstichstelle befindet sich 1 cm kaudal und 1 cm medial der Spina iliaca posterior superior. Nach Infiltration von Haut und Subkutangewebe punktiert man mit einer 12 cm langen Spinalnadel im Winkel von 45° zur Sagittal- und 45° zur Horizontalebene. Das weitere Vorgehen entspricht dem beim medianen Zugang (Abb. 5).

Vor Injektion des Lokalanästhetikums überprüft man nochmals, ob sich Liquor leicht aspirieren lässt. In der Lokalanästhetiklösung bilden sich dabei charakteristische Schlieren. Dasselbe empfiehlt sich gegen Ende der

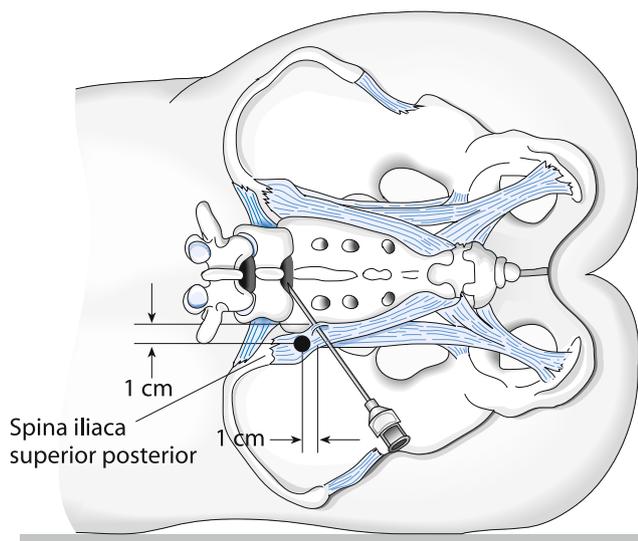


Abb. 5 Lateraler Zugang nach Taylor zum Zwischenwirbelraum L₅. (Nach: [4])

Injektion, um zu überprüfen, ob wirklich das gesamte Lokalanästhetikum intrathekal appliziert werden konnte.

2.6 Determinanten der Ausbreitung der Spinalanästhesie

Gesamtdosis

Die Verteilung des Lokalanästhetikums im Liquor und damit die Anästhesieausbreitung hängen in erster Linie von der injizierten Gesamtdosis ab.

Barizität

Unter Barizität versteht man das Verhältnis der Dichte zweier Flüssigkeiten. Im Zusammenhang mit einer Spinalanästhesie ist der Liquor cerebrospinalis die Referenzflüssigkeit. Die Barizität spielt für das physikalische Verhalten des Lokalanästhetikums im Liquor eine entscheidende Rolle.

Isobares Lokalanästhetikum Ein isobares Lokalanästhetikum hat annähernd die gleiche Dichte wie der Liquor cerebrospinalis und verbleibt damit vorwiegend im Bereich des Injektionsorts.

- ▶ Allerdings ist die Barizität temperaturabhängig: Die meisten in der klinischen Praxis verwendeten „isobaren“ Lokalanästhetika sind bei Raumtemperatur leicht hyperbar, nach Erwärmen auf Körpertemperatur dagegen leicht hypobar.

Eine Spinalanästhesie mit „isobarem“ Lokalanästhetikum kann deshalb auch nach längerer Zeit durch Lagewechsel

noch „aufsteigen“. Vor Verlegung aus dem Aufwachraum sollte daher der Patient im Bett testweise für 15–30 min mit erhöhtem Oberkörper überwacht werden [5]. Die Änderung der Barizität während der thermischen Äquilibration und der Einfluss der Lagerungstemperatur auf die Anästhesieausbreitung erschweren zudem die Vorhersage der zu erreichenden Anästhesieausbreitung.

Hyperbares Lokalanästhetikum Eine hyperbare Lösung hat eine höhere Dichte als Liquor und sinkt deshalb im Liquor der Schwerkraft folgend nach unten. Damit lässt sich die Anästhesieausbreitung durch Lagerung des Patienten beeinflussen.

- ▶ Hyperbare Lösungen tendieren zu einem höheren Anästhesieniveau, wenn der Patient bei der Injektion liegt oder danach flach gelagert wird, da das Lokalanästhetikum in diesem Fall in Richtung der thorakalen Kyphose „hinunterläuft“.

Bleibt der Patient nach der Applikation für 2–3 min sitzen, ist die Blockadeausdehnung von isobarem und hyperbarem Bupivacain vergleichbar; mit isobarer Lösung wird das endgültige Niveau rascher erreicht [6].

Lässt man den Patient nach intrathekaler Injektion einer geringen Menge eines hyperbaren Lokalanästhetikalösung länger sitzen, resultiert eine Anästhesie der Sakralwurzeln, der sog. **Sattelblock**. Die Motorik der Beine bleibt dabei weitgehend erhalten.

Lagert man den Patienten auf die zu operierende Seite, kann eine einseitige Betonung der Anästhesieausbreitung erzielt werden.

Hyperbare Lösungen von Bupivacain 0,5 %, Prilocain 2 % und Mepivacain 4 % werden gebrauchsfertig angeboten. Eine hyperbare Lokalanästhetikalösung kann auch durch Zugabe von Glukose (Zielkonzentration 5 %) hergestellt werden.

Hypobares Lokalanästhetikum Eine hypobare Lokalanästhetikalösung steigt im Liquor entgegen der Schwerkraft nach oben. Eine typische Indikation wäre ein perinealer Eingriff in Bauchlage. Hier kann die Anlage der Spinalanästhesie in der sog. Taschenmesserposition erfolgen. Durch Positionieren des Patienten vor der Anästhesie lässt sich die Wahrscheinlichkeit von Lagerungsschäden senken.

Faktoren mit klinischer Relevanz für die Ausbreitung der Spinalanästhesie

Hier scheint in erster Linie die individuell stark variierende Menge an im Spinalkanal zirkulierendem Liquor cerebrospinalis von Bedeutung zu sein [7]. Statur und Alter, oft

klinisch als Prädiktoren der Ausbreitung verwendet, dürften eher Variationen der Raumverhältnisse im Spinalkanal und deren Einfluss auf die Blockadehöhe widerspiegeln.

- ▶ **Cave** Bei erhöhtem intraabdominellen Druck, bei Aszites oder in der Schwangerschaft ist der Liquorraum komprimiert. Die Lokalanästhetikadosis zur Spinalanästhesie muss verringert werden.

Zudem moduliert die arterielle Pulsation im Spinalkanal die Liquorströmung und damit den Transport intrathekal injizierter Substanzen [7].

Die Höhe der Punktion beeinflusst die Ausbreitung „isobaren“ Bupivacains, während sie nach der Injektion hyperbaren Bupivacains keine Rolle zu spielen scheint.

Faktoren mit geringer Bedeutung für die Anästhesieausbreitung

Die Geschwindigkeit der intrathekalen Injektion hat nur geringe Auswirkungen auf das resultierende Anästhesieniveau.

▶ Faktoren ohne Einfluss auf die Anästhesieausbreitung

Im Gegensatz zur Dosis beeinflusst das Volumen des Injektats das Anästhesieniveau kaum.

Durch Injektion von 2,5 ml Bupivacain 0,5 % (=12,5 mg) wird ein vergleichbares sensibles Niveau erzielt wie durch Injektion von 10 ml Bupivacain 0,125 % (=12,5 mg; [7]); ähnliches gilt für Lidocain [9]. Variationen des Volumens bis zu 14 ml verändern bei konstanter Dosis und Barizität die Anästhesiehöhe nicht [10].

Bei der sog. **Barbotage** vermischt man das Lokalanästhetikum zur Injektion mit Liquor und injiziert damit eine verdünnte Lösung in einem größeren Volumen. Die Anästhesieausbreitung nimmt dabei allenfalls geringgradig zu.

Die Vielzahl von Variablen macht es schwer, im Einzelfall eine exakte Vorhersage bezüglich der Ausbreitung einer Spinalanästhesie zu treffen. Dies hat zur Folge, dass Spinalanästhesien mit der Einzelinjektionstechnik häufig überdosiert werden, um mit ausreichender Sicherheit ein suffizientes Anästhesieniveau zu erzielen.

Die Ausbreitung einer Spinalanästhesie

- **Deutlich beeinflussende Faktoren:**
 - Individuell vorhandene Menge an Liquor cerebrospinalis
 - Injektionsort (isobares Lokalanästhetikum)
- **Weniger wichtige Faktoren:**
 - Lagerung des Patienten bei und nach der Injektion
 - Dosis des Lokalanästhetikums

(Fortsetzung)

- Intraabdomineller Druck (Aszites, Gravidität)
- Statur des Patienten (Adipositas, Alter)
- **Faktoren ohne Einfluss:**
 - Volumen des Injektats/Barbotage
 - Injektionsort (hyperbares Lokalanästhetikum)

2.7 Determinanten der Dauer der Spinalanästhesie

Die Dauer einer Spinalanästhesie nimmt mit der **Lipophilie** des verwendeten Lokalanästhetikums zu.

Hyperbare Lösungen wirken kürzer als isobare und diese kürzer als hypobare Präparationen des gleichen Lokalanästhetikums.

Eine hohe Dosis bewirkt eine hohe Blockadeausbreitung mit entsprechend langer Zeit der Rückbildung.

Zusatzstoffe wie Clonidin verlängern die Wirkdauer.

2.8 Dosierung in der Praxis

Lokalanästhetika

Lidocain Lidocain war lange Zeit das Standardmedikament zur Spinalanästhesie für kürzere Eingriffe. Wegen seiner schnellen Anschlagszeit, der verlässlichen motorischen Blockade und der Wirkdauer von etwa 60–90 min schien es für kurze ambulante orthopädische Operationen besonders geeignet. Berichte über eine erhöhte Inzidenz passagerer radikulärer Schmerzsymptome (TNS) und bleibender Cauda-equina-Syndrome brachten das viele Jahre bewährte Medikament in Misskredit.

Nachdem mittlerweile mit Prilocain eine kurzwirksame Alternativen für die Spinalanästhesie zugelassen ist, die deutlich geringer mit dem Nachteil der TNS verbunden zu sein scheint, ist der Einsatz von Lidocain zu diesem Zweck nicht mehr erforderlich [11].

Prilocain Intrathekales Prilocain ist insbesondere in seiner hyperbaren Präparation in Ausbreitung und Dauer etwa dem hyperbaren Lidocain vergleichbar; es wird seltener mit einem transienten neurologischen Syndrom in Verbindung gebracht [12]. Seit 2010 ist eine zweiprozentige hyperbare Lösung (Takipril) in Deutschland für die Spinalanästhesie zugelassen (Tab. 1).

2-Chloroprocain Die intrathekale Injektion des Aminoesters Procain ist v. a. in den USA seit längerem populär. Die Anschlagzeit beträgt etwa 10 min, die Wirkung hält etwa 1 h an [11]. In Europa ist Procain in der Anästhesie wie alle Ami-

Tab. 1 Ausbreitung und Rückbildung der Spinalanästhesie mit Prilocain. (Nach: [13, 14])

Konzentration	Dosis	Anästhesieniveau	Rückgang der sensorischen Blockade um 2 Segmente	Komplette Erholung der motorischen Funktion	Entlassung möglich	Fallzahl
[%]	[mg]	(pin-prick)	[min]	[min]	[min]	(n)
2 % isobar	80	T ₁₀ (T ₁ –T ₁₂)	123 ± 42	197 ± 42	221 ± 49	50
2 % hyperbar	60	T ₈ (T ₄ –T ₁₂)	90	135	308	40

Tab. 2 Ausbreitung und Rückbildung der Spinalanästhesie mit Bupivacain

Dosis	Konzentration	Anästhesieniveau	Rückgang um 2 Segmente	Komplette Erholung der motorischen Funktion	Entlassung möglich	Fallzahl/ Bemerkungen	Literatur
[mg]	[%]	(pin-prick)	[min]	[min]	[min]		
Bupivacain isobar zur Spinalanästhesie							
8	0,2 %	T ₈ (T ₄ –L ₁)	89 ± 33	192 ± 48	200 ± 50	n = 30, Seitenlage	[23]
10	0,5 %	T ₉ (T ₃ –L ₁)	k.A.	k.A.	k.A.	n = 20, Seitenlage; schnelle Injektion	[24]
10	0,5 %	T _{10,5} (T ₃ –L ₃)	k.A.	k.A.	k.A.	n = 20, Seitenlage; langsame Injektion	[24]
12,5	0,5 %	T _{7,5±0,5} (T ₃ –T ₁₀)	k.A.	228 ± 8	k.A.	n = 25, Seitenlage, +Adrenalin	[8]
12,5	0,125 %	T _{8,6±0,4} (T ₅ –T ₁₁)	k.A.	237 ± 10	k.A.	n = 25, Seitenlage, +Adrenalin	[8]
15	0,5 %	T ₉ (T ₂ –L ₁)	k.A.	k.A.	k.A.	n = 20, Seitenlage; schnelle Injektion	[25]
15	0,5 %	T _{6,5} (T ₄ –L ₁)	k.A.	k.A.	k.A.	n = 20, Seitenlage; langsame Injektion	[25]
20	0,5 %	T _{8±3,5} (T ₃ –L ₂)	k.A.	k.A.	k.A.	n = 10, Seitenlage	[26]
Bupivacain hyperbar zur Spinalanästhesie							
4	0,25 %	T ₁₀ (T ₇ –L ₁)	35 ± 10	47 ± 20 ^a	113 ± 27	n = 6 (Probanden)	[27]
8	0,25 %	T ₇ (T ₃ –T ₉)	58 ± 29	117 ± 36 ^a	178 ± 16	n = 6 (Probanden)	[27]
12	0,25 %	T ₃ (C ₈ –T ₅)	81 ± 15	198 ± 15 ^a	258 ± 20	n = 6 (Probanden)	[27]

^aZeit bis zur Rückkehr von 90 % der Kraft im M. quadriceps; k. A.: keine Angabe

noester derzeit nicht weit verbreitet; die Wahrscheinlichkeit einer allergischen Reaktion ist größer als bei den Aminoamiden. Der Einsatz der Aminoester wird aber wegen der vergleichsweise kurzen Wirkdauer und der TNS-Problematik bei Lidocain, aber auch Prilocain zunehmend gerade für den ambulanten Einsatz diskutiert [15–18]. 50 mg 2-Chloroprocain (1 %) scheinen von Anschlagzeit und Blockadeausbreitung mit 10 mg isobarem Bupivacain (0,5 %) vergleichbar; die Blockaderückbildung erfolgt deutlich rascher [19]; 2-Chloroprocain 1 % (Ampres) ist mittlerweile auch in Deutschland für die Spinalanästhesie bei Erwachsenen zugelassen. Für ambulante Eingriffe am Perineum werden 20 mg empfohlen [20].

Mepivacain In Wirkdauer und Potenz ist intrathekales Mepivacain dem Lidocain vergleichbar. Die Inzidenz transients neurologischer Symptome ist geringer als nach Lidocain, aber deutlich höher als nach Bupivacain [21], Prilocain oder 2-Chloroprocain. Daher gibt es eigentlich keine Indikation mehr für den intrathekalen Einsatz [22].

Bupivacain Bupivacain ist ein bewährtes Lokalanästhetikum zur Spinalanästhesie für längere Eingriffe. Wegen der

niedrigen Inzidenz postoperativer neurologischer Reizzustände wird seine Verwendung auch für ambulante, kürzer dauernde Operationen propagiert. Hierbei lässt sich die Wirkdauer durch Dosisreduktion verkürzen.

Bupivacain ist sowohl als isobare als auch als hyperbare Lösung kommerziell erhältlich.

► **Cave** Die isobare Lösung verhält sich bei Körpertemperatur leicht hypobar; ihre Ausbreitung gilt als besonders schwer vorhersehbar.

Bei Verwendung der isobaren Lösung wird das endgültige Anästhesieniveau im Vergleich zu hyperbarem Bupivacain schneller erreicht [6]. Auch hier unterliegt die Anästhesieausbreitung großen Schwankungen (Tab. 2).

Levobupivacain Die Wirkung des isolierten, linksdrehenden S-Enantiomers ist nach intrathekalen Gabe praktisch nicht von der des Razemats Bupivacain zu unterscheiden [28, 29].

Ropivacain Intrathekal verabreicht wirkt Ropivacain, das seit 2004 in Deutschland für die intrathekale Anwendung

zugelassen ist, genauso schnell wie Bupivacain, wobei die motorische Blockade im Vergleich zu Bupivacain schwächer ausgeprägt scheint [30]. Sowohl die sensorische als auch die motorische Blockade bilden sich rascher zurück [28]. Um zur Kniearthroskopie einer der Gabe von 8 mg Bupivacain vergleichbare analgetische Wirkung zu erzielen, ist eine Dosis von 12 mg Ropivacain erforderlich, wodurch die Vorteile hinsichtlich rascherer Regression und schnellerer Mobilisation konterkariert werden [31]. Insgesamt sind die Unterschiede der länger wirkenden Lokalanästhetika Bupivacain, Levobupivacain und Ropivacain klinisch wenig bedeutend; es empfiehlt sich, sich auf eine Substanz zu konzentrieren und damit Erfahrung für die diversen Indikationen zu sammeln [32].

Lokalanästhetikazusätze

Bereits früh nach Entdeckung der neuroaxialen Blockaden wurde versucht, Adjuvantien zu finden, mit denen die analgetische Wirkung der Lokalanästhetika bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Nebenwirkungen verlängert werden sollte. Problematisch ist die potenzielle Neurotoxizität zentral injizierter Substanzen, die sich möglicherweise erst nach längerem Intervall klinisch manifestieren könnte. Dennoch liegen mit einigen Substanzen als ausreichend anzusehende klinische Erfahrungen vor [33].

Adrenalin Adrenalin wurde ursprünglich mit der Absicht zugegeben, die Resorption des Lokalanästhetikums zu verzögern, um so die Wirkung der Spinalanästhesie zu verlängern. Inzwischen ist bekannt, dass dies nur ein Nebeneffekt ist und der eigentlich spinal wirksame antinozizeptive Mechanismus über die bei Adrenalin relativ schwache α_2 -adrenerge Komponente vermittelt wird.

Gegen den intrathekalen Zusatz von Adrenalin sprechen folgende Argumente: Die Verlängerung der anästhetischen Wirkung beschränkt sich klinisch auf Dermatome kaudal des Bauchnabels, die Inzidenz von Übelkeit und Erbrechen ist erhöht. Zudem gibt es Hinweise auf eine Steigerung der Neurotoxizität insbesondere von Lidocain. Schließlich wird der Zugewinn an operativ nutzbarer Anästhesiezeit durch eine überproportional stärkere Verlängerung der Zeit bis zur ersten Spontanmiktion erkaufte. Mit den länger wirkenden Lokalanästhetika Bupivacain und Ropivacain stehen nebenwirkungsärmere Alternativen zur Verfügung, sodass die intrathekale Adrenalingabe als obsolet zu bezeichnen ist.

- ▶ Die Zugabe von Adrenalin bei der Spinalanästhesie ist nicht sinnvoll.

Opioide Intrathekal applizierte Opioide modulieren die Nozizeption durch Bindung an prä- und postsynaptische Opioidrezeptoren im Hinterhorn des Rückenmarks. Zusätzlich

werden sie in Abhängigkeit von ihrer Lipidlöslichkeit mit dem Liquor cerebrospinalis zum Hirnstamm transportiert.

Opioide sind – wie Clonidin und Neostigmin (s. unten) – zur intrathekalen Anwendung in Deutschland nicht zugelassen, dennoch ist ihre Verwendung gängige Praxis und im Rahmen des individuellen Heilversuchs möglich.

International die größte Erfahrung besteht mit der intrathekalen Zugabe von **Morphin** zu einem Lokalanästhetikum. Aus einem Einzelbolus resultiert eine über 24 h andauernde Schmerzreduktion v. a. bei Bewegung [34]. Typischerweise werden beim Erwachsenen 0,1–0,2 mg intrathekal injiziert [35], wobei bei älteren Patienten die geringere Dosis anzuraten ist – dies umso mehr, als trotz zahlreicher Studien zu diesem Thema die minimal effektive Dosis noch nicht bekannt ist [34]. Generell birgt Morphin als hydrophiles Opioid die Gefahr einer auch noch nach vielen Stunden auftretenden Atemdepression – wobei weder die Art noch die zeitliche Länge einer darauf abzielenden Überwachung mit Evidenz untermauert ist [34] – und scheint damit weniger geeignet als die lipophilen Substanzen.

Nach subarachnoidaler Injektion lipophiler Opioide sind vereinzelt früh (<1 h) aufgetretene Atemstillstände beschrieben. Weniger bedrohliche, aber häufige und unangenehme Nebenwirkungen des longitudinalen Transports zum Hirnstamm sind Pruritus sowie Übelkeit und Erbrechen. Dem Juckreiz kann mit Naloxon 0,2 mg bzw. Ondansetron 4–8 mg begegnet werden [35].

Für **Fentanyl** als intrathekales Adjuvant zu einem Lokalanästhetikum wird eine Dosis von 10–25 μg empfohlen [35].

Intrathekal appliziertes **Sufentanil** breitet sich – trotz hoher Lipophilie – im Liquor cerebrospinalis nach kranial aus [36, 37]. Atemdepressionen innerhalb von 20 min nach spinaler Applikation sind beschrieben. Dosierungen zwischen 1,5 und 5 μg werden als Zusatz zum Lokalanästhetikum empfohlen [35].

Die Zugabe von Opioiden verringert die Barizität von Lokalanästhetika, was insbesondere bei den „isobaren“ Lokalanästhetika klinisch relevant ist.

Clonidin Spinale, postsynaptische α_2 -Rezeptoren wirken nach Stimulation durch endogenes, auf einen Stimulus freigesetztes Noradrenalin analgetisch, u. a. über die Erhöhung der Konzentration von Acetylcholin. Diesen Mechanismus nutzt man durch rückenmarknahe Injektion eines α_2 -Adrenorezeptoragonisten: Clonidin entfaltet bei periduraler oder intrathekaler Applikation eine signifikante segmentale analgetische Wirkung, die im Vergleich zur systemischen Gabe höher potent ausfällt. Während sich der Rückgang der sensorischen Blockade dosisabhängig verzögert, ist die Zeitdauer bis zur ersten Analgetikaanforderung ebenso wie die motorische Blockade dosisunabhängig verlängert [35].

Dabei addieren sich die analgetischen Effekte von intrathekalem Clonidin, Lokalanästhetika und Opioiden. Die

intrathekale Gabe von 15 µg Clonidin verlängert die Zeit bis zur ersten Spontanmiktion nicht, während sie den analgetischen Effekt von 8 mg Ropivacain zur Kniearthroskopie deutlich verbessern kann. In der gleichen Untersuchung war die Zugabe von 45 µg Clonidin mit einer geringen Steigerung der Anästhesiequalität verbunden, wobei hier eine mäßige Verlängerung der Dauer bis zur ersten Miktion und der Mobilisierbarkeit neben einem geringen Blutdruckabfall verzeichnet wurde [31]. Insbesondere in höherer Dosierung kann es zu Bradykardie, Hypotension und Sedation kommen. Obwohl Clonidin selbst nicht atemdepressiv wirkt, kann die analgetische Wirkung die respiratorische Suppression zusätzlicher gegebener Substanzen (Opioiden) demaskieren.

Auch wenn die Gefahr von Nebenwirkungen bei adäquater Dosierung gering ist, sollten Kreislauf und Atmung für etwa 2 h nach einem Einzelbolus Clonidin überwacht werden. Hämodynamische Effekte setzen sowohl nach systemischer als auch nach neuraxialer Gabe mit einer Verzögerung von rund 30 min ein, erreichen ihr Maximum nach 1–2 h und bilden sich nach 6–8 h zurück.

Neostigmin Da die spinale Wirkung der α_2 -Adrenorezeptoragonisten zumindest teilweise auf einer Freisetzung von Acetylcholin beruht, ist die Verstärkung dieses Effekts durch den Cholinesteraseinhibitor Neostigmin naheliegend. Der intrathekale Zusatz von Neostigmin verlängert die Analgesiedauer signifikant. Allerdings treten deutlich mehr Fälle von Übelkeit und Erbrechen auf [35, 38]. Insgesamt ist der Stellenwert dieses Additivs zur Spinalanästhesie gering.

3 Sonderformen der Spinalanästhesie

3.1 Spinalanästhesie zur ambulanten Operation

Mit der Verfügbarkeit kurzwirksamer pharmakologischer Alternativen zu Lidocain, das wegen des „transienten neurologischen Syndroms“ als intrathekales Medikament nicht mehr verwendet werden sollte, und der Abnahme des postpunktionellen Kopfschmerzes durch dünnere Spinalkanülen findet die Spinalanästhesie auch im ambulanten Umfeld zunehmend Verbreitung [39]. Die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) trägt dieser Entwicklung mit einer S1-Leitlinie [22] zur Durchführung der Spinalanästhesie bei ambulanten Patienten Rechnung.

Um eine rasche Entlassfähigkeit des Patienten zu erzielen, ist die minimal erforderliche Lokalanästhetikadosis zu verwenden. Ein zu liberales Infusionsregime mündet regelhaft in einem postoperativen Harnverhalt, der sich klinisch beim Abklingen der Spinalanästhesie eher als Rücken- denn als Unterbauchschmerz manifestiert [14] und zur ungeplanten (Wieder)aufnahme führen kann. Zur Prophylaxe wird neben

der Flüssigkeitsrestriktion auch die möglichst frühzeitige postoperative Mobilisation empfohlen. Zu beachten ist, dass Übelkeit und Erbrechen nach einer Spinalanästhesie häufig durch eine arterielle Hypotension ausgelöst werden [14]. Die nach Abklingen der Spinalanästhesie häufig sehr plötzlich einsetzenden Schmerzen müssen antizipiert werden.

Als häufiges Gegenargument wird angeführt, dass sich neurologische Komplikationen einer Spinalanästhesie im ambulanten Umfeld erst nach Entlassung zu Hause manifestieren könnten. Dies ist prinzipiell richtig, allerdings existieren diverse Berichte, nach denen z. B. eine rückenmarknahe Infektion nach neuraxialer Manipulation erst mit einer Latenz von etlichen Tagen klinisch auffällig wurde. Dringend anzuraten ist die Aufklärung des Patienten über die entsprechenden Symptome und das Mitgeben von Verhaltensanweisungen und Kontaktmöglichkeiten für den Fall einer solchen – seltenen – Komplikation. Entsprechende Musterschreiben finden sich in der S1-Leitlinie der DGAI [22].

Unerlässlich ist die Verordnung einer adäquaten Analgesie für den Zeitraum nach Abklingen der Spinalanästhesie.

3.2 Sattelblock

Sollen lediglich die sakralen Spinalwurzeln, z. B. für einen Eingriff am Perineum anästhesiert werden, lässt man den Patienten während und einige Minuten nach der Injektion einer geringen Dosis eines hyperbaren Lokalanästhetikums sitzen.

► Dosierung

- Kurzer Eingriff: Prilocain 2 % hyperbar 20 mg
- Längerer Eingriff: Bupivacain 0,5 % hyperbar 5 mg

3.3 Einseitige Spinalanästhesie

Bei Eingriffen an einer unteren Extremität kann versucht werden, eine möglichst einseitige Anästhesieausbreitung zu erzielen. Dazu lagert man den Patient auf die Seite und achtet darauf, dass die seitliche Öffnung einer entsprechenden Pencil-point-Spinalkanüle (Sprotte, Whitacre) zur gewünschten Seite hin orientiert ist. Die Injektion eines hyper- bzw. hypobaren Lokalanästhetikum in niedriger Dosierung muss dabei langsam (>30 s) erfolgen, um Verwirbelungen zu vermeiden. Danach wird der Patient so lange als möglich in dieser Position belassen. Klinisch sinnvoll ist für Bupivacain eine Wartezeit von 20 min. Nach Umlagerung wird es allerdings immer zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Verlagerung des Blocks kommen, wobei die hyperbaren Lösungen weniger stark rückverteilt werden als ihre hypobaren Pendanten [40]. Beim „typischen“ Patient zur Kniearthroskopie führt die intrathekale Injektion von 4–5 mg hyperbarem Bupiva-

caïn in Seitenlage in der Regel zu einer suffizienten Analgesie [41]. Die niedrig konzentrierte Lösung (0,5 %) ist dabei ihrem höher konzentrierten Pendant (1,0 %) überlegen [40].

3.4 Spinalanästhesie für Eingriffe in Bauchlage

Die Spinalanästhesie wird auch für Eingriffe in Erwägung gezogen, bei denen der Patient in Bauch-, Knieellbogen- oder der sog. Klappmesserposition gelagert wird [42]. Die spinale Injektion in Bauch- oder Knieellbogenlage ist beschrieben; durch Lagerung des Patienten vor Durchführung der Anästhesie sinkt die Gefahr von Lagerungsschäden. Allerdings ist die zeitgerechte Sicherung der Atemwege bei Komplikationen praktisch unmöglich. Das Umlagern in Rückenlage bei offenem Situs würde den Patienten zusätzlich gefährden (Infektion, Druckschäden im Operationsgebiet).

Demzufolge scheint eine Spinalanästhesie in Bauchlage oder mit nachfolgender Umlagerung nur vertretbar, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind [43]:

- Anästhesist und Operateur verfügen über ausreichende Erfahrung.
- Zeitdauer (max. 1 h) und Umfang des Eingriffs sind begrenzt.
- Der Patient ist kooperativ, toleriert die Lagerung über die gesamte Dauer des Eingriffs, ist nicht adipös und weist keine schweren kardialen Vorerkrankungen auf.
- Zusätzliche Sedativa werden nicht eingesetzt.
- Das Anästhesieniveau überschreitet T₈ nicht.

Günstig ist die Verwendung von Lokalanästhetika, deren Ausbreitung sich mittels Variation der Lagerung beeinflussen lässt. Bei der Entscheidung zwischen hyper- oder hypobarem Lokalanästhetikum ist die geplante Lagerung ausschlaggebend. Als sicher wird das Verbringen in Bauchlage 20 min nach Injektion hyperbaren Mepivacains bzw. eines hyperbaren Mepivacain-Bupivacain-Gemischs (Bupivacain 0,5 % isobar mit Mepivacain 4 % hyperbar im Verhältnis 1:1) erachtet [43].

3.5 Kontinuierliche Spinalanästhesie

Die intrathekale Kathetereinlage schafft die Möglichkeit zur Nachinjektion, sodass auch lange Eingriffe in Spinalanästhesie durchgeführt werden können. Bei kardialen Hochrisikopatienten, die durch die rasch einsetzende Sympathikolyse der einzeitigen Spinalanästhesie gefährdet sind, ist die bessere hämodynamische Stabilität nach fraktionierter Injektion kleiner Einzeldosen von Vorteil. Die bei der Einzelinjektions-

technik häufige Überdosierung „sicherheitshalber“ kann vermieden werden.

Mit der Absicht, die Inzidenz postspinaler Kopfschmerzen zu senken, wurden Ende der 1980er-Jahre spinale Mikrokatheter (28–32G) entwickelt. Paradoxerweise lag die Kopfschmerzrate mit bis zu 33 % im geburtshilflichen Patientengut teilweise deutlich höher als bei Verwendung von Makrokathetern (20G); zudem traten bei Verwendung der Mikrokatheter gehäuft technische Schwierigkeiten auf: die Unmöglichkeit, den Katheter vorzuschieben oder Lokalanästhetikum zu injizieren, unzureichende Anästhesieausbreitung oder Katheterbruch. Nachdem in den folgenden Jahren etwa ein Dutzend Fälle schwerer neurologischer Komplikationen nach Verwendung eines spinalen Mikrokatheters bekannt wurden – die überwiegende Mehrzahl der Betroffenen erlitt ein teilweise irreversibles Cauda-equina-Syndrom nach kontinuierlicher oder wiederholter Gabe von hyperbarem Lidocain 5 % – untersagte die Food and Drug Association 1992 in den USA den Gebrauch von Spinalkathetern kleiner als 24G.

Das Cauda-equina-Syndrom beruht nach heutigem Wissensstand auf einer toxischen Wirkung des Lokalanästhetikums, das zu lange in einer lokal zu hohen Konzentration auf die lumbosakralen Spinalwurzeln einwirken konnte.

- ▶ Daher sind alle Umstände zu vermeiden, die die Verteilung des Lokalanästhetikums im Liquor cerebrospinalis behindern (langsame Injektion durch einen extrem dünnen Mikrokatheter, kontinuierliche Applikation) oder zu einer Akkumulation an der Cauda equina führen (hyperbares Lokalanästhetikum, nach kaudal gerichtete Katheterspitze).

Zur Prävention kaudaler Katheterfehlagen wird die Verwendung von Spinalkanülen mit direktonaler Öffnung (Sprotte, Tuohy) empfohlen.

- ▶ **Cave** Als klinisches Warnzeichen einer kaudalen Katheteraberration gilt die Ausbildung eines inadäquat niedrigen Anästhesieniveaus nach intrathekaler Injektion einer üblichen Einzeldosis.

Bei der kontinuierlichen Spinalanästhesie empfiehlt sich die Verwendung eines wenig toxischen isobaren Lokalanästhetikums wie Bupivacain in geringer Konzentration, ggf. unter Zugabe eines Opioids (Tab. 3). Bei korrekter Durchführung ist die kontinuierliche Spinalanästhesie ein sicheres Verfahren. Die Versagerrate liegt mit durchschnittlich 2–3 % im Bereich der Spinalanästhesie mit Einzelinjektion. Die eindeutige Kennzeichnung des Katheters ist eminent wichtig, da die Verwechslung mit einem Periduralkatheter regelhaft zu einer hohen bis totalen Spinalanästhesie führt.

Angesichts der Einschränkungen und angesichts der Tatsache, dass in vielen Fällen eine Katheterperiduralanästhesie

Tab. 3 Vorschlag für Medikamente zur kontinuierlichen Spinalanästhesie (CSA) in der Geburtshilfe. (Nach: [44])

Technik	Medikament
Einzelboli (Analgesie zur vaginalen Entbindung)	Bupivacain 1,75–2,5 mg + Fentanyl 15–20 µg nach Bedarf (alle 1–2 h) oder Sufentanil 5,0 µg ohne LA, bei Bedarf wiederholen
Kontinuierliche Infusion (Analgesie zur vaginalen Entbindung)	Bupivacain 0,05–0,125 % + Fentanyl 2–5 µg/ml →0,5–3,0 ml/h, Titration bis T ₈ –T ₁₀ oder Sufentanil 2,5–5,0 µg/h ohne LA
Operativer Eingriff	Bupivacain 0,5 % 5 mg (1 ml) + Fentanyl 15 µg, danach Titration bis zum erforderlichen Niveau mit Bupivacain 0,5 % 2,5 mg (0,5 ml) alle 5 min

Totrauma des Kathetersets mit einberechnen; nur konservierungsmittelfreie Lösungen verwenden

die bessere Alternative darstellt, wurden in einem Review folgende Patientenpopulationen bzw. klinische Situationen herausgearbeitet, für die die kontinuierliche Spinalanästhesie von Vorteil sein könnte [44]:

- Patienten mit Zustand nach Wirbelsäulenchirurgie, bei denen sowohl die Identifikation des Periduralraums als auch die Verteilung der Substanzen in selbigem unsicher sind.
- Patienten mit schweren kardiovaskulären Erkrankungen, bei denen die sichere Stressreduktion durch die spinale Blockade bei gleichzeitig minimaler Kreislaufreaktion von Vorteil sind.
- Adipositas permagna, besonders in der Geburtshilfe – hier ist die Wahrscheinlichkeit einer dringlichen Schnittentbindung bei gleichzeitig erschwerter Periduralkatheteranlage erhöht.
- Schwierige Periduralkatheteranlage bzw. unabsichtliche Duraperforation.

Kontinuierliche Spinalanästhesie

- Kein Routineverfahren für Patienten <60 Jahren
- Geringstmögliche (titrierte) Menge an Lokalanästhetikum
- Vermeidung von kurzwirksamen, hoch konzentrierten hyperbaren Lokalanästhetika
- Als sicher gilt: Bupivacain isobar 0,25 %–0,5 %
- Kaudale Katheterorientierung vermeiden:

(Fortsetzung)

- Verwendung einer direktionalen Spinalkanüle
- Orientierung der Kanülenöffnung nach kranial
- Katheter nicht weiter als 2–3 cm in den Spinalraum einführen

4 Spezielle Komplikationen der Spinalanästhesie

Die allgemeinen Komplikationen der neuraxialen Regionalanästhesie: ► [Kap. 51, „Rückenmarknahe Regionalanästhesie: Anatomie, Physiologie, Kontraindikationen, Komplikationen, Antikoagulation“](#).

4.1 Versagen der Spinalanästhesie

- Je dünner die Spinalnadel, desto wahrscheinlicher ist ein Versagen der Spinalanästhesie.

Für Kanülen der Stärke 22–25G wird die Versagerrate mit unter 5 %, für 29-G-Quincke-Nadeln zwischen 6–8 % und für 30G mit rund 25 % angegeben. Die geringe Flussrate dünner Spinalkanülen wird mit fleckförmigen Anästhesieausfällen durch ungenügende Verteilung des Lokalanästhetikums im Liquorraum in Verbindung gebracht. Bei diesen Nadeln ist die Identifikation des Subarachnoidalraums dadurch erschwert, dass der Liquor nur verzögert oder überhaupt nicht passiv aus der Kanüle austritt.

4.2 Arterielle Hypotension

Angesichts der sympathikolytischen Effekte der Spinalanästhesie ist ein Blutdruckabfall wenig überraschend. Nimmt man das Unterschreiten des systolischen Werts unter 90 mmHg als Kriterium, liegt die Gesamtinzidenz der Hypotension bei etwa 33 %. Als Risikofaktoren gelten eine hohe Anästhesieausbreitung (Sympathikusblockade > T₄), ein Lebensalter von über 40 Jahren, die Wahl einer hohen Punktionsstelle (L_{2/3}), der intrathekale Zusatz des α -Rezeptoragonisten Phenylephrin sowie eine präoperative Hypotension (systolischer Blutdruck <120 mmHg).

4.3 Übelkeit und Erbrechen

Übelkeit tritt bei bis zu 18 %, Erbrechen bei bis zu 7 % der Spinalanästhesien auf. Als Risikofaktor gilt eine arterielle

elle Hypotension [14] oder die Anästhesieausbreitung $\geq T_5$, die mit einem Überwiegen des Vagotonus verbunden ist.

- ▶ Dementsprechend ist die Gabe von Atropin meist effektiver als das Anheben des Blutdrucks mittels eines Vasokonstriktors.

Da eine O₂-Gabe die Übelkeit in vielen Fällen verringern kann, wird auch eine relative zerebrale Hypoxie bei arterieller Hypotension diskutiert.

4.4 Rückenschmerzen

Rückenschmerzen nach operativen Eingriffen sind unabhängig von der verwendeten Anästhesietechnik häufig. Nach Spinalanästhesie wird ihre Inzidenz mit bis zu 25 % angegeben. Nach Sectio caesarea klagen 40–50 % der Patientinnen über Rückenschmerzen. Diese beruhen z. T. auf der plötzlichen Veränderung der Körperstatik. Eine Abgrenzung zu anästhesiebedingten Beschwerden ist kaum möglich.

4.5 Harnverhalt

Nach Spinalanästhesie kommt es in 1,5–17 % der Fälle zu einem Harnverhalt, der eine Einmalkatheterisierung erforderlich macht. Problematisch ist dies bei ambulanten Patienten, da in der Regel eine ungeplante stationäre Aufnahme die Folge ist. Klinisch äußert sich der Harnverhalt meist Unterleibsschmerz, aber auch als isolierter Rückenschmerz; die Diagnose kann klinisch oder mittels Ultraschall gestellt werden. Empfohlen wird, kurz wirksame Lokalanästhetika einzusetzen, die Lokalanästhetikadosis sowie die intravenöse Flüssigkeitszufuhr auf ein Mindestmaß zu begrenzen und die Patienten möglichst rasch zu mobilisieren [22, 45].

Risikofaktoren für einen Harnverhalt nach Spinalanästhesie Diese sind [22]:

- Hernienchirurgie,
- rektale Eingriffe,
- Harnverhalt in der Anamnese,
- Blasendauerkatheter,
- hohe perioperative Flüssigkeitszufuhr,
- Schmerz/Angst.

4.6 Bradykardie und Asystolie

Bei 13 % der Spinalanästhesien kommt es zu Bradykardien <50 Schläge/min. Die Inzidenz einer Asystolie wird mit

1:10.000 bis 18:10.000 angegeben [46]. Als Auslöser gilt die durch die Sympathikolyse hervorgerufene Störung der Balance des autonomen Nervensystems. Durch die Dominanz des Parasympathikus vermindert sich der venöse Rückstrom zum Herzen. Dies führt zu einer weiteren Verlangsamung der Herzaktion; es werden drei mögliche Reflexwege diskutiert:

- Der **Bainbridge-Reflex** vermittelt über rechtsatriale und kavale Druckrezeptoren eine Erhöhung der Herzfrequenz bei gesteigertem venösem Rückfluss und eine Bradykardie bei vermindertem venösem Rückstrom.
- Der **Bezold-Jarisch-Reflex**, dessen Rezeptoren im linken Ventrikel lokalisiert sind, beantwortet eine myokardiale Überlastung mit einer Sympathikushemmung. Es kommt zu Bradykardie, Vasodilatation und Hypotension, um den Ventrikel zu entlasten. Starke Ventrikelkontraktionen können bei rascher linksventrikulärer Füllungsabnahme den Reflex „paradox“ auslösen und zu Bradykardie und Asystolie führen [47].
- Die verringerte Dehnung der **myokardialen Schrittmacherzellen** bei verringertem venösem Rückfluss resultiert in einer reduzierten Herzfrequenz.

Auffällig ist, dass gerade gesunde, jünger als 50 Jahre alte Patienten (ASA I) mit guter kardialer Funktion anfällig für diese Komplikation der Spinalanästhesie sind. Als zusätzliche patientenseitige Risikofaktoren gelten eine vorbestehende Therapie mit einem β -Blocker, eine präoperative Herzfrequenz <60/min. und ein verlängertes PR-Intervall. Interessanterweise wird bei den Patientinnen zur Sectio caesarea (meist ASA I, <50 Jahre) selten eine Asystolie beobachtet, was an dem in der Schwangerschaft generell verringerten Vagotonus liegen könnte [48].

Bereits eine niedrig dosierte Spinalanästhesie (sensorisches Niveau < T₄) zieht eine ausgeprägte Reduktion des rechtsatrialen Drucks als Ausdruck des verringerten venösen Rückflusses nach sich [48]. Die bei hoher Anästhesieausbreitung (T₁–T₄) hinzutretende Blockade kardioakzeleratorischer Fasern allein senkt die Herzfrequenz nur um etwa 10 % [49], verstärkt aber das Risiko von Bradykardie und Asystolie durch die komplette Sympathikolyse, da die autonome Blockade die sensorische Blockade um mehrere Segmente übersteigt.

Daher ist der adäquate Ersatz von Blutverlusten von großer Bedeutung; vielfach wird auch eine prophylaktische Volumengabe propagiert. Die Gabe des Vagolytikums Atropin kann bei vorbestehender [50] oder beginnender Bradykardie ausreichend sein, sie bleibt aber in der Situation des sistierenden venösen Rückstroms zum Herzen wirkungslos. Der rechtzeitige Einsatz von Adrenalin ist von entscheidender Bedeutung. Während eine Volumengabe im fortgeschrittenen Stadium regelhaft nicht schnell genug erfolgen wird,

sollte an die Trendelenburg-Lagerung als einfache Maßnahme gedacht werden.

Als ungünstige Komedikation bei zentraler Sympathikusblockade gelten Fentanyl (vagotone Wirkung) und Dehydrobenzperidol (α -Blockade).

- ▶ **Cave** Plötzliche Bradykardien und nachfolgende Asystolien innerhalb von 10–15 s sind bei gesunden jungen Patienten in unterschiedlichem zeitlichem Abstand (6–70 min) zur intrathekalen Injektion ohne Anzeichen einer ungewöhnlich hohen Anästhesieausbreitung (T_3 – T_8) beschrieben [51].

Asystolie bei Spinalanästhesie

- Risikofaktoren [48]:
 - ASA I
 - Alter <50 Jahre
 - Präoperative Herzfrequenz <60/min
 - Präoperative β -Blockertherapie
 - Verlängertes PR-Intervall
 - Sensorische Blockade kranial T_6
- Auch noch >1 h nach Anlage der Spinalanästhesie möglich
- Unabhängig von der Höhe der Anästhesieausbreitung
- Oft nur kurze vorausgehende Bradykardie
- Bei adäquater Therapie, d. h. mechanischer und medikamentöser Reanimation unter früher Verwendung von Adrenalin meist folgenlos

4.7 Cauda-equina-Syndrom (CES)

Das Cauda-equina-Syndrom manifestiert sich mit Schmerzen im unteren Rückenbereich und neurologischen Defiziten im Versorgungsgebiet der Lumbosakralwurzeln: Schwäche der unteren Extremitäten, gestörte Funktion der Sphinkteren an Harnblase und Anus sowie Sensibilitätsausfälle im Bereich des Perineums; Dauerschäden sind beschrieben. Es wurde in einer prospektiven Übersicht mit mehr als 40.000 Spinalanästhesien 5-mal beobachtet (Inzidenz 1,2:10.000; [52]). Als Ursache gilt ein toxischer Effekt von Lokalanästhetika, die in einer zu hohen Dosis an die Spinalwurzeln gelangen, typischerweise durch einen der folgenden Mechanismen:

- Kontinuierliche Spinalanästhesie mit hyperbarem Lokalanästhetikum.
- Versehentliche intrathekale Injektion eines zur Periduralanästhesie vorgesehenen Lokalanästhetikums. Es kommt aufgrund der extrem hohen Gesamtdosis zu toxischen

Effekten. Insbesondere bei der Kombination mit einer Allgemeinanästhesie kann eine totale Spinalanästhesie unbemerkt bleiben. Daher sollten Nachinjektionen in Periduralkatheter unter Allgemeinanästhesie erst bei klinischen Zeichen einer Rückbildung der Blockade vorgenommen werden.

- Wiederholte Injektion bei Versagen der Spinalanästhesie. Vermutlich beruht in vielen Fällen die inkomplette Spinalanästhesie auf einer Fehlverteilung des Lokalanästhetikums im spinalen Liquorraum. Bei repetitiven Injektionen kommt es zu toxischen Konzentrationen an neuralen Strukturen.

Daher sollte unmittelbar zu Beginn und kurz vor Ende jeder intrathekalen Injektionen überprüft werden, ob sich Liquor aspirieren lässt. Ist dies der Fall, so ist von einer intrathekalen Injektion des Gesamtvolumens auszugehen. Es sollte keine Nachinjektion mit einer vollen Dosis erfolgen.

- ▶ Bei „Versagen“ einer Spinalanästhesie oder der Unmöglichkeit, gegen Ende der Injektion Liquor zu aspirieren, muss die Sensibilität in den sakralen Dermatomen (Perinealbereich) überprüft werden. Ist dort eine Blockade nachweisbar, sollte keine weitere intrathekale Injektion mehr erfolgen und ein alternatives Anästhesieverfahren zum Einsatz kommen.

Empfehlungen zur Vermeidung neurotoxischer Effekte der Lokalanästhetika

- Verwendung der Lokalanästhetika in der niedrigsten effektiven Konzentration
- Öffnung der dünnen direktionalen Spinalkanülen nicht nach kaudal richten
- Vorsicht bei Verwendung von Spinalkathetern

4.8 Passagerer Hörverlust

Ein beeinträchtigtes Hörvermögen nach Spinalanästhesie wird gelegentlich beobachtet; häufig verschwinden die Symptome nach Anlage eines periduralen Blutpatches, sodass ein kausaler Zusammenhang mit einem Liquorleck analog dem postpunktionellen Kopfschmerz nahe liegt. Da das Vestibularsystem mit dem Subarachnoidalraum in Verbindung steht, kann sich eine zerebrospinale Hypotension auf das Hör- und Gleichgewichtsorgan auswirken, ohne dass sonstige Beschwerden wie ein lagerungsabhängiger Kopfschmerz bestehen.

4.9 Subdurale Injektion bei Spinalanästhesie

Seit Verwendung moderner Pencil-point-Spinalnadeln mit großer seitlicher Öffnung wird gehäuft über ein Versagen

der Spinalanästhesie trotz problemloser Aspiration von Liquor während der Injektion berichtet. Möglicherweise kommt es hierbei zur teilweisen Injektion des Lokalanästhetikums in den Raum zwischen Dura mater und Arachnoidea (Subduralraum). Empfohlen wird, diese Spinalnadeln bei Austreten von Liquor weitere 1–2 mm vorzuschieben.

Literatur

- Rieg AD, Dortgolz A, Macko S, Rossaint R, Schälte G (2017) In situ broken 27-gauge spinal needle in a repeated caesarean delivery: case report and literature review. *Anesthesiologist* 66(2):115–121
- Kim JT, Bahk JH, Sung J (2003) Influence of age and sex on the position of the conus medullaris and Tuffier's line in adults. *Anesthesiology* 99:1359–1363
- Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R et al (2000) Ability of anaesthetists to identify a marked lumbar interspace. *Anaesthesia* 55:1122–1126
- Cousins MJ, Bridenbaugh PO (1998) Neural blockade in clinical anesthesia and management of pain, 3. Aufl. Lippincott-Raven, Philadelphia
- Litz R, Koch T (2007) Steuerbarkeit der Spinalanästhesie – nach wie vor ein ungelöstes Problem? *AnästH Intensivmed* 48:404–418
- Martin R et al (2000) Onset of spinal block is more rapid with isobaric than hyperbaric bupivacaine. *Can J Anaesth* 47:43–46
- Higuchi H, Hirata JI, Adachi Y, Kazama T (2004) Influence of lumbosacral cerebrospinal fluid density, velocity, and volume on extent and duration of plain Bupivacaine spinal anesthesia. *Anesthesiology* 100:106–114
- Van Zundert A, De Wolf A (1988) Extent of anesthesia and hemodynamic effects of subarachnoidal administration of bupivacaine with epinephrine. *Anesth Analg* 67:784
- Chan V et al (1998) A comparative study of low-dose hyperbaric spinal lidocaine 0,5 % vs. 5 % for continuous spinal anesthesia. *Reg Anaesth Pain Med* 23:164–169
- Stienstra R, Veering B (1998) Intrathecal drug spread: is it controllable? *Reg Anaesth Pain Med* 23:347–351
- Casati A et al (2007) Spinal anesthesia with Lidocaine or preservative-free 2-Chlorprocaine for outpatient knee arthroscopy: a prospective, randomized, double-blind comparison. *Anesth Analg* 104:959–964
- Boublik J, Gupta R, Bhar S, Atchabahian A (2016) Prilocaine spinal anesthesia for ambulatory surgery: a review of the available studies. *Anaesth Crit Care Pain Med* 35(6):417–421
- Ostgaard G et al (2000) A randomised study of lidocaine and prilocaine for spinal anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 44:436–440
- Rätsch G, Niebergall H, Reber A (2007) Spinalanästhesie in der Tageschirurgie. *Anaesthesist* 56:322–327
- Goldblum E, Atchabahian A (2013) The use of 2-chlorprocaine for spinal anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 57:545–552
- Förster JG, Rosenberg PH (2011) Revival of old local anesthetics for spinal anesthesia in ambulatory surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 24:633–637
- Förster JG et al (2013) Chlorprocaine 40 mg produces shorter spinal block than articaine 40 mg in day-case knee arthroscopy patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 57:911–919
- Breedbaart MB et al (2014) Intrathecal chlorprocaine vs. lidocaine in day-case surgery: recovery, discharge and effect of pre-hydration on micturition. *Acta Anaesthesiol Scand* 58:206–213
- Teunkens A, Vermeulen K, Van Gerven E, Fieuws S, Van de Velde M, Rex S (2016) Comparison of 2-Chlorprocaine, Bupivacaine, and Lidocaine for spinal anesthesia in patients undergoing knee arthroscopy in an outpatient setting. *Reg Anaesth Pain Med* 41(5):576–583.
- Gebhardt V, Mueller-Hansen L, Schwarz A, Bussen D, Weiss C, Schmittner MD (2017) Chlorprocaine 10 mg/ml for low-dose spinal anaesthesia in perianal surgery - a randomised dose finding study. *Acta Anaesthesiol Scand* 61(2):241–249
- O'Donnell BD, Iohom G (2008) Regional anesthesia techniques for ambulatory orthopedic surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 21:723–728
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. S1-Leitlinie: Empfehlungen zur Durchführung der Spinalanästhesie bei ambulanten Patienten. 30.06.2013; <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/001-022.html>. Zugegriffen am 03.07.2017
- Gautier P et al (1999) Intrathecal ropivacaine for ambulatory surgery. *Anesthesiology* 91:1239–1245
- Van Gessel E et al (1993) Influence of injection speed on the subarachnoidal distribution of isobaric bupivacaine 0,5 %. *Anesth Analg* 77:483–487
- Tuominen M et al (1992) Effect of speed of injection of 0,5 % plain bupivacaine on the spread of spinal anaesthesia. *Br J Anaesth* 69:148–149
- Logan M et al (1986) Plain bupivacaine: an unpredictable spinal anaesthetic agent. *Br J Anaesth* 58:292–296
- McDonald S et al (1999) Hyperbaric spinal ropivacaine. A comparison to bupivacaine in volunteers. *Anesthesiology* 90:971–977
- Luck JF, Fettes PDW, Wildsmith JAW (2008) Spinal anaesthesia for elective surgery: a comparison of hyperbaric solutions of racemic bupivacaine, levobupivacaine, and ropivacaine. *Br J Anaesth* 101:705–710
- Urbanek B, Kapral S (2006) Levobupivacain in der Regionalanästhesie. *Anaesthesist* 55:296–313
- Camorcica M et al (2007) The relative potencies for motor block after intrathecal Ropivacaine, Levobupivacaine, and Bupivacaine. *Anesth Analg* 104:904–907
- De Kock M et al (2001) Intrathecal ropivacaine and clonidine for ambulatory knee arthroscopy. *Anesthesiology* 94:574–578
- Casati A, Putzu M (2005) Bupivacaine, levobupivacaine and ropivacaine: are they clinically different? *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 19:247–268
- Schug SA, Saunders D, Kurowski I, Paech MJ (2006) Neuraxial drug administration. A review of the treatment options for anaesthesia and analgesia. *CNS Drugs* 20:917–933
- Meylan N et al (2009) Benefit and risk of intrathecal morphine without local anaesthetic in patients undergoing major surgery: meta-analysis of randomized trials. *Br J Anaesth* 102:156–167
- Axelsson K, Gupta A (2009) Local anaesthetic adjuvants: neuraxial versus peripheral nerve block. *Curr Opin Anaesthesiol* 22:649–654
- Eisenach J (2001) Lipid soluble opioids do move in cerebrospinal fluid (Editorial). *Reg Anaesth Pain Med* 26:296–297
- Swenson J et al (2001) The effect of distance from injection site to the brainstem using spinal sufentanil. *Reg Anaesth Pain Med* 26:306–309
- Cossu AP, De Giudici, Piras D, Mura P et al (2015) A systematic review of the effects of adding neostigmine to local anesthetics for neuraxial administration in obstetric anesthesia and analgesia. *Int J Obstet Anesth* 24(3):237–246.
- Förster JG (2014) Short-acting spinal anesthesia in the ambulatory setting. *Curr Opin Anaesthesiol* 27:597–604
- Borghini B, Wulf H (2010) Spinalanästhesie – Vorteile der unilateralen Spinalanästhesie. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 45:182–186
- Nair GS et al (2009) Systematic review of spinal anaesthesia using bupivacaine for ambulatory knee arthroscopy. *Br J Anaesth* 102:307–315
- Cuvas O et al (2009) The use of low dose plain solutions of local anaesthetic agents for spinal anaesthesia in the prone position: bupivacaine compared with levobupivacaine. *Anaesthesia* 64:14–18

43. Standl T et al (1999) Ist die Spinalanästhesie bei Eingriffen in Bauchlage ein empfehlenswertes Verfahren? *Anaesthesist* 48:242–250
44. Palmer CM (2010) Continuous spinal anesthesia and analgesia in obstetrics. *Anesth Analg* 111:1476–1479
45. Reina M et al (1997) New perspectives in the microscopic structure of human dura mater in the dorsolumbar region. *Reg Anesth* 22:161–166
46. Kopp SL et al (2005) Cardiac arrest during neuraxial anesthesia: frequency and predisposing factors associated with survival. *Anesth Analg* 100:855–865
47. Mackey D et al (1989) Bradycardia and asystole during spinal anesthesia: a report of three cases without morbidity. *Anesthesiology* 70:866–868
48. Pollard JB (2001) Cardiac arrest during spinal anesthesia: common mechanisms and strategies for prevention. *Anesth Analg* 92:252–256
49. Carpenter R et al (1992) Incidence and risk factors for side effects of spinal anesthesia. *Anesthesiology* 76:906–916
50. Lim H et al (2000) The use of intravenous atropine after a saline infusion in the prevention of spinal anesthesia-induced hypotension in elderly patients. *Anesth Analg* 91:1203–1206
51. Lovstadt R et al (2000) Bradycardia and asystolic cardiac arrest during spinal anaesthesia: a report of five cases. *Acta Anaesthesiol Scand* 44:48–52
52. Auroy Y et al (1997) Serious complications related to regional anesthesia. *Anesthesiology* 87:479–486