

# Steuerbarkeit der Spinalanästhesie – nach wie vor ein ungelöstes Problem?\*

## The controllability of local anaesthetic spread during spinal anaesthesia – still a challenge?

R. J. Litz und T. Koch

Klinik und Poliklinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus an der Technischen Universität Dresden (Direktorin: Prof. Dr. T. Koch)

ZERTIFIZIERTE FORTBILDUNG  
CME  
CONTINUING  
MEDICAL  
EDUCATION  
\*\*\*

NEU: AB SOFORT  
3 CME-PUNKTE

PIN-Nr.: 070704

► **Zusammenfassung:** Spinalanästhesieverfahren (SPA) zählen auf Grund der schnellen und einfachen Durchführbarkeit sowie der sicheren Blockadewirkung zu den meist genutzten Anästhesietechniken im klinischen Alltag. Das weite Spektrum an unerwünschten Nebenwirkungen wird in erster Linie auf das Ausmaß und die Dauer der sensomotorischen Blockade zurückgeführt. Genau diese Kontrolle der Blockadeausbreitung gelingt im klinischen Alltag nur schwerlich. Bis zu 25 verschiedene Faktoren sind bislang identifiziert, die die Ausbreitung der sensomotorischen Blockade mitbestimmen. Faktoren, die traditionell als Determinanten von Blockadeausbreitung und -verlauf galten, wie Körpergröße oder Body-Mass-Index, sind nach neueren Erkenntnissen eher von untergeordneter Bedeutung. Neuere Untersuchungen zeigen, dass vor allem das lumbosakrale Liquorvolumen, die Wirbelsäulenkonfiguration sowie die unterschiedliche Liquordensität einzelner Patientenkollektive bedeutende Determinanten des Verlaufes einer SPA sind. Neuere Messungen des spezifischen Gewichtes der für die SPA gebräuchlichen Glukosefreien Lokalanästhetika (LA) sowie von Mischlösungen aus LA und Additiven (Opiode, Clonidin) belegen, dass die meisten dieser Präparationen bei Körpertemperatur hypobare und nicht – wie lange Zeit angenommen – isobare Eigenschaften aufweisen. Diese Erkenntnis ist von erheblicher Relevanz für die Steuerbarkeit der Spinalanästhesie, da bei Verwendung solcher Lösungen die Lagerung des Patienten, die Wirbelsäulenkonfiguration und das lumbosakrale Liquorvolumen das Ausmaß und die Richtung der Blockade wesentlich bestimmen. Diese Erkenntnisse verdeutlichen in Verbindung mit der Tatsache, dass Lokalanästhetika nach subarachnoidaler Applikation nicht – wie lange angenommen – nach einer definierten Zeitspanne an neuralen Geweben fixiert sind, dass die sensomotorische Blockade bis zur eindeutigen Remission variabel ist. Dies unterstreichen auch Untersuchungen zur unilateralen SPA. Da die Blockade durch Lagerungswechsel auch nach längerer Zeit noch zunehmen kann, sollten Patienten mit SPA bis zur definitiven Remission der Blockade überwacht werden.

► **Schlüsselwörter:** Spinalanästhesie – Barizität – Liquorvolumen – Wirbelsäulenkonfiguration.

► **Summary:** Spinal anaesthesia (SPA) is a very popular technique in clinical practice. Major advantages are the high rate of block success as well as the short performance time. Major concerns are the wide range of undesired side effects which are related to the time course as well as

the maximum level of sensory block. Controllability of local anaesthetic (LA) spread during SPA performance is up to now a hardly solved problem. Up to 25 different factors influencing LA spread have yet been identified. Factors traditionally considered as significant determinants of LA spread such as height or body mass index are of minor importance. Recently, other key factors have been identified such as the lumbosacral spinal fluid volume, the individual configuration of the spinal column, and differences in cerebro spinal fluid (CSF) density in certain patient populations. Newer studies demonstrated a hypobaric rather than isobaric behaviour at body temperature for most glucose-free LA used for SPA. The same applies for mixtures of LA and additives such as opioids or clonidine. These findings are of major impact since LA spread may be significantly influenced by patient's positioning, the individual anatomy of the spinal column, and the CSF volume which is not known prior to block performance. Since LA are not fixed at neural tissues during SPA, the time course of SPA as well as the maximum level of sensory block may be variable until the block is in definite remission. These findings are supported by the redistribution phenomenon observed during unilateral SPA. Since maximum block height may increase even hours after LA injection patients should be monitored closely until definite remission of the block.

► **Keywords:** Spinal Anaesthesia – Baricity – Cerebrospinal Fluid Volume – Spinal Column Configuration.

Spinalanästhesieverfahren zählen zu den ältesten Anästhesieverfahren überhaupt und gelten als sehr sichere Techniken, da im Gegensatz zu Allgemeinanästhesieverfahren Vigilanz und Atemweg im Regelfall kaum beeinträchtigt werden. Die wesentlichen Vorteile der Spinalanästhesie (SPA) sind im Vergleich mit der Epiduralanästhesie oder peripheren Nervenblockaden der unteren Extremität die einfachere Durchführbarkeit, die schnellere Anschlagszeit, der geringere Material- und Zeitaufwand und vor allem die höhere Erfolgsrate. Als Hauptnachteil weist die SPA ein spezifisches kardiovaskuläres Nebenwirkungsprofil auf, das im Wesentlichen auf die Dynamik und die Höhe der sympathischen Blockade zurückzuführen ist [13,13,39,39]. Die häufigsten dieser Nebenwirkungen sind arterielle Hypotension und ausgeprägte Bradykardien, die vor allem bei kardiovaskulären Risikopatienten die Durch-

\* Rechte vorbehalten

Tab. 1: Inzidenz plötzlicher asystoler Kreislaufstillstände unter Spinalanästhesie (fatal verlaufende Herz-Kreislaufstillstände kursiv in Klammern).

Autor (Jahr)	Referenz	Patientenzahl [n]	Inzidenz	
			[n]	[%o]
Chopra (1990)	[19]	10.000	3	0,3
Tarkkila (1991)	[90]	1.881	2	1,2
Auroy (1997)	[3]	40.640	26 (6)	0,7 (0,5)
Geffin (1998)	[34]	4.000	6	1,5
Biboulet (2001)	[8]	7.656	5 (4)	0,7 (0,1)
Auroy (2002)	[2]	35.439	9 (3)	0,3 (0,1)
Litz (2004)	[57]	15.205	9	0,6

führung einer SPA limitieren oder gar ausschließen [20,20,50,50]. Diese kardiovaskulären Nebenwirkungen können bis hin zum asystolen Kreislaufstillstand führen und auch bei kardiovaskulär Gesunden jederzeit, d.h. auch noch Stunden nach Anlage der Blockade, ohne vorhergehende Warnzeichen auftreten (Tab. 1). Seit den Anfängen der SPA wird daher versucht, Dynamik und Höhe der Blockade zu steuern und zu kontrollieren. Steuerbarkeit der SPA bedeutet die Ausbreitung von Lokalanästhetika (LA) im Liquor zu kontrollieren. Dies jedoch stellt sich in der klinischen Praxis als schwer lösbare Aufgabe dar [84]. Auch in neueren Untersuchungen findet sich trotz aller Anstrengungen und der Vielfalt der mittlerweile angewendeten Techniken und Pharmaka eine erhebliche interindividuelle Variationsbreite in der sensorischen Blockadehöhe [1,22,23,25,27,33]. In Anlehnung an Greene bestimmen bei der SPA ca. 25 unterschiedliche Faktoren die Dynamik und die Blockadehöhe (Tab. 2) [36]. Ein Teil dieser Faktoren ist für den Kliniker im Vorfeld der SPA nicht oder nur unvollständig zu erkennen.

Bei der SPA wird eine wässrige Lösung aus Lokalanästhetikum und ggf. analgetisch wirksamen Additiven in den Liquorraum injiziert. Dieser Liquorraum umgibt als 2-3 mm tiefer Raum sowohl das Rückenmark wie auch die Cauda equina und wird begrenzt von Dura und Arachnoidea. Nach subarachnoidaler Applikation breitet sich das Lokalanästhetikum primär durch Verdrängung von Liquor und sekundär analog vorhandener Liquorstömungen im Liquor aus. Die nächste Stufe der Verteilung im Liquor wird durch die physikalischen Eigenschaften von Lokalanästhetikum und Liquor bestimmt (s.u.). Liquor ist eine wässrige Lösung mit einer dem interstitiellen Raum vergleichbaren Zusammensetzung der Einzelbestandteile. Der wesentliche Unterschied zum Serum liegt in dem niedrigeren Proteingehalt und der deutlich geringeren Pufferkapazität. Dies bedeutet, dass nach Applikation der zumeist sauren Lokalanästhetika der pH-Wert im Liquor anhaltend niedrig bleibt und die weitere Kinetik der LA mit beeinflusst.

Liquor ist keine statische Flüssigkeitssäule, sondern unterliegt einem Gleichgewicht aus Produktion und Resorption und weist somit auch auf Rückenmarkshöhe eine gewisse Strömung auf. Bislang wurde angenommen, dass nur ein geringer Anteil (ca. 10%) des Liquorvolumens einer kaudal gerichteten Strömung folgt, in Höhe des 1. Lendenwirbelkörpers (LWK) umkehrt und in den Paccioni-Granulationen

des intrakraniellen Subarachnoidalraumes wieder resorbiert wird. Die Liquorsäule oszilliert aber in direkter Abhängigkeit von der arteriellen Pulsation. Higuchi et al. identifizierten diese wellenförmigen Liquorbewegungen als signifikanten Einflussfaktor für die Ausbreitung isobaren Bupivacains [42]. Die Amplitude der Liquorbewegung nimmt von cranial nach kaudal ab und beträgt auf Höhe des thorakolumbalen Übergangsganges ca. 0,4 ml/Systole. Greiz et al. berichteten systolische Flüsse von 0-2 cm/s in Höhe L3 [37]. Enzman et al. fanden am kranialen Ende des Conus medullaris systolische und diastolische Geschwindigkeiten von 1 cm/s [32]. Diese Liquorpulsationen nehmen in ihrer Amplitude bei Zunahme des intraabdominellen Druckes ebenfalls zu. Dies könnte einer von mehreren Erklärungsversuchen für die häufig beobachtete höhere Ausbreitung der SPA bei Adipösen und Schwangeren sein. Inwieweit dieser Mechanismus für die Dynamik der SPA klinisch bedeutsam ist, ist aber noch wenig untersucht und daher gegenwärtig nicht definitiv beurteilbar. ▶

Tab. 2: Faktoren, die die Ausbreitung des Lokalanästhetikums während Spinalanästhesie beeinflussen (adaptiert nach Greene [36]).

Patienten-Charakteristika
Alter
Gewicht (Adipositas), intraabdomineller Druck
Größe
Geschlecht
Schwangerschaft
Anatomie von Spinalraum und Wirbelsäule
Lumbosakrales Liquorvolumen
Technik
Lagerung
Punktionshöhe
Kanülentyp/-richtung
Injektionsgeschwindigkeit
Katheter/-Single shot-Technik
Injektionslösung
Substanz
Barizität
Dosis (Volumen/Konzentration)
Temperatur des Injektats
Viskosität
Additive

## ► Liquorvolumen

Die zeitliche und räumliche Durchmischung von LA und Liquor wird von der Art und Dosis des verwendeten Lokalanästhetikums und vor allem durch das individuelle lumbosakrale Liquorvolumen bestimmt. Carpenter et al. konnten anhand von MRT-Untersuchungen eine erhebliche Variationsbreite des individuellen lumbosakralen Liquorraumes von 42 ml – 81 ml aufzeigen [14]. Higuchi et al. beschrieben bei 40 Patienten lumbosakrale Liquorvolumina zwischen 20,5 ml und 61,6 ml [42]. Beide Autorengruppen fanden eine signifikante Korrelation zwischen Liquorvolumen und Ausbreitungshöhe, Verlauf und Dauer der sensorischen Blockade. Beide folgerten daraus, dass das individuelle Liquorvolumen die entscheidende Determinante für die Ausbreitungshöhe und die Wirkdauer einer SPA ist. Da in beiden Untersuchungen nur eine kleine Anzahl von Probanden oder Patienten untersucht wurde, ist anzunehmen, dass diese Variationsbreite in der klinischen Praxis eher noch größer ist. Das individuelle Liquorvolumen ist jedoch nicht konstant und daher u.a. abhängig von Änderungen des intraabdominellen Druckes sowie Änderungen des Füllungszustandes der (lumbalen) Epiduralvenen. Es ist daher anzunehmen, dass Umstände, die zu einer Veränderung dieser Parameter führen, ebenfalls einen Einfluss auf die Höhe der Ausbreitung der SPA haben können. Für Patienten mit erhöhtem Body-Mass-Index konnten einzelne Autoren folglich eine höhere sensorische Blockade aufzeigen [87]. Bei Schwangeren am Geburtstermin, die ebenfalls ein geringeres lumbosakrales Liquorvolumen und eine vermehrte Füllung der Epiduralvenen aufweisen, genügen daher ebenfalls geringere Dosen an LA, um vergleichbar hohe Blockaden wie bei Nichtschwangeren zu erreichen.

## Barizität

Es gibt aber einen weiteren wichtigen Mechanismus für die Ausbreitung der LA im Liquor. Die physikalischen Eigenschaften des Liquors, die für die Ausbreitung von LA von Bedeutung sind, sind Dichte und Barizität. Diese Begriffe werden in der anästhesiologischen Literatur häufig nicht einheitlich verwendet, was die Interpretation von einzelnen Untersuchungsergebnissen erschwert. Da zur SPA Lokalanästhetika unterschiedlicher Barizität eingesetzt werden, ist das Verständnis dieser Begriffe für die Steuerung einer SPA essentiell:

Die Dichte (Densität) beschreibt das Verhältnis der Masse eines Stoffes zu seinem Volumen:  $\rho = m/V$ . Die SI-Einheit ist  $\text{kg/m}^3$  oder entsprechend  $\text{g/l}$  oder  $\text{mg/ml}$ . Dieses Verhältnis ist temperaturabhängig und wird daher für Feststoffe bei  $20^\circ\text{C}$ , für Gase bei  $0^\circ\text{C}$  und für Flüssigkeiten üblicherweise bei definierten Temperaturen und einem Luftdruck von  $1013 \text{ hPa}$  angegeben. Während sich die meisten Stoffe mit steigender Temperatur ausdehnen, stellt Wasser eine Ausnahme dar und weist bei  $3,98^\circ\text{C}$  und normalem (atmosphärischem) Außendruck seine höchste Dichte auf. In der Praxis bedeutet dies, dass die Densität einer Lösung mit steigender Temperatur abnimmt. Die Densität der LA wird in der Literatur zumeist bei einer (Lagerungs-) Temperatur

von  $20\text{--}24^\circ\text{C}$  angegeben, und nicht bei Körpertemperatur, was für den Kliniker wesentlich sinnvoller wäre.

Im Zusammenhang mit SPA wird in der Literatur vielfach auch der Begriff spezifisches Gewicht gebraucht. Diese physikalische Größe ist für das Verständnis der Kinetik der LA jedoch nicht erforderlich. Das spezifische Gewicht (Wichte) beschreibt das Verhältnis von Gewichtskraft (N) und Volumen [ $\text{m}^3$ ] eines Stoffes und unterscheidet sich von der Dichte um den Faktor der Fallbeschleunigung. Das spezifische Gewicht ist somit gravitationsabhängig, d.h. es ist abhängig vom Ort der Messung. Die SI-Einheit beträgt  $\text{kN/m}^3$  oder  $\text{N/l}$ . Obwohl diese Größe wiederholt in der anästhesiologischen Literatur im Zusammenhang mit SPA benutzt wird, spielt sie in der klinischen Praxis eher keine Rolle für die Ausbreitung der LA im Liquor. Das spezifische Gewicht wird häufig angegeben als das Verhältnis der Dichte eines Stoffes zu der Dichte von Wasser bei  $3,98^\circ\text{C}$ . Die Barizität hingegen ist die klinisch relevante Größe und beschreibt das Verhältnis der Dichten von LA und Liquor bei  $37^\circ\text{C}$ .

Die durchschnittliche Dichte des Liquors bei  $37^\circ\text{C}$  beträgt bei Patienten ohne neurologische Erkrankungen des Rückenmarkes  $1,0005 \text{ g/l}$  und weist eine Spannweite von ungefähr  $1,0003\text{--}1,0007 \text{ g/l}$  ( $\pm 2\text{SD}$ ) auf. Die Dichte von Liquor unterliegt erheblichen interindividuellen Schwankungen [61,75,81]. Sie ist bei Frauen vor der Menopause und vor allem in der Schwangerschaft signifikant niedriger als bei Männern (Tab. 3). Schiffer et al. fanden eine mögliche Erklärung der geschlechtsspezifischen Dichteunterschiede in den unterschiedlichen Liquorkonzentrationen von Proteinen und Glukose [81]. Mit Ausnahme der o.g. ►

Tab. 3: Densität von Liquor, Lokalanästhetika und Opioiden (Daten adaptiert nach Hare, Heller, Lui und Richardson [38,40,61,75]).

Patienten	Dichte [g/ml]
Männer	1,00067 ± 0,00018
Frauen (postmenopausal)	1,00060 ± 0,00015
(prämenopausal)	1,00047 ± 0,00076
(Schwangerschaft)	1,00033 ± 0,00010
<b>Lokalanästhetika</b>	
Bupivacain 0,5% (isobar)	0,99862 ± 0,00053
Bupivacain 0,5% (Glukose 50 mg)	1,01490 ± 0,00029
Ropivacain 0,5% (isobar)	0,99953 ± 0,00013
Levobupivacain 0,5% (isobar)	1,00024 ± 0,00009
Mepivacain 2,0%	1,00146 ± 0,00006
Mepivacain 1,0%	1,00076 ± 0,00002
Prilocain 2,0%	0,99916 ± 0,00010
Prilocain 1,0%	0,99906 ± 0,00012
Articain 2,0%	1,00136 ± 0,00018
Articain 1%	1,00056 ± 0,00010
Lidocain 2%	0,99890 ± 0,00014
Lidocain 1%	0,99936 ± 0,00012
Fentanyl	0,99955 ± 0,00005
Morphin	1,0001 ± 0,0001
Aqua	0,993336 ± 0,000002
NaCl 0,9%	0,999747 ± 0,000005
Glukose 5%	1,012084 ± 0,000002

► physiologischen Zustände beeinflussen nach gegenwärtigem Wissensstand Alter und Gewicht (Body-Mass-Index) die Liquordichte nicht. Diese Unterschiede in der Dichte betreffen jedoch lediglich die 4. Dezimale und sind daher klinisch lange Zeit nicht ausreichend genau gemessen oder als von geringer Bedeutung für die Ausbreitung der SPA eingeschätzt worden. Die Liquordichte wird auch in aktuellen Lehrbüchern vereinzelt noch mit 1.000 g/l angegeben. Dies bedeutet, dass die entscheidende 4. Dezimalstelle, in der sich die individuellen Unterschiede zeigen, somit nicht berücksichtigt wird.

Alle für die SPA gebräuchlichen LA weisen eine dem Liquor ähnliche, aber nicht identische Dichte auf. Werden diese Lokalanästhetika nun hinsichtlich ihrer Barizität verglichen, sollte konsequenterweise die Dichte bei 37°C und nicht wie üblich bei Raumtemperatur zu Grunde gelegt werden. Analog der Forderungen von Greene, eine Lösung dann als hypobar zu definieren, wenn sie drei Standardabweichungen (SD) unterhalb der Dichte von Liquor liegt, und ausgehend von einer Normalverteilung der Variabilität der Liquordichte, sollten daher Lösungen dann als hypobar bezeichnet werden, wenn sie eine Barizität  $<0,9990$  aufweisen oder entsprechend als hyperbar bei einer Barizität  $>1,0010$ . Die meisten der für die SPA zugelassenen LA verhalten sich als Glukose-freie und Epinephrin-freie Lösung bei Körpertemperatur somit hypobar und bei Temperaturen  $< 20^\circ\text{C}$  isobar bis eher hyperbar (Tab. 3) [40]. Heller et al. konnten für alle in Deutschland für die SPA zugelassenen isobaren LA mit Ausnahme von Articain und Mepivacain als 1% und 2%-ige Lösung nach Temperaturäquibrierung (37°C) hypobare Eigenschaften aufzeigen [40]. Der für LA ohne Glukosezusatz häufig verwendete Begriff „isobar“ ist somit für den Kliniker in den meisten Fällen irreführend. Praxisnäher ist es solche vermeintlich „isobaren“ LA, wie im angloamerikanischen Sprachraum üblich, als Glukose-freie LA zu bezeichnen.

Neben Verteilungsvorgängen durch Diffusion bestimmt vor allem die Barizität die Richtung und die Geschwindigkeit der Blockadeausbreitung. Hyperbare LA breiten sich zunächst entsprechend der Schwerkraft aus, hypobare Lösungen folglich entgegen der Schwerkraft. Mittels unterschiedlicher und entsprechend sogar entgegengesetzter Lagerungsmanöver kann somit die Ausbreitung der Lokalanästhetika in der klinischen Praxis gezielt gesteuert werden. Dies impliziert aber auch, dass unvorhergesehene intraoperative Lagerungswechsel zu einer signifikanten und möglicherweise unbeabsichtigten und unerwarteten Zu- oder auch Abnahme der Ausbreitungshöhe führen können. Nach LA-Applikation soll durch entsprechend lange und z.T. sogar festgeschriebene Wartezeiten eine vermeintliche „Fixierung“ des LA an neuralen Strukturen vor einem Lagerungsmanöver erreicht werden. Povey et al. konnten eindrucksvoll zeigen, dass selbst Lagerungszeiten von 60 min nach Applikation von 15 mg hyperbaren Bupivacains zu keiner „Fixierung“ führten [73]. In dieser Untersuchung verharnten Patienten nach LA-Applikation für 60 min in einer sitzenden Position und wurden anschließend wieder in eine flache Rückenlage verbracht. Darauf kam es innerhalb 30 min zu einer ausgeprägten Zunahme der mittleren sensorischen Blockade um mehrere Segmente von L3 nach Th6. Eine definitive Fixierung des

LA an neurale Strukturen findet folglich entgegen einer weit verbreiteten Meinung nicht statt.

In der klinischen Praxis werden „isobare“ LA wegen der vermeintlichen Unabhängigkeit von ungeplanten Veränderungen der intraoperativen Lagerung des Patienten vielfach bevorzugt. Die Verteilung isobarer LA im Liquor sollte theoretisch nur von Diffusionsvorgängen und der individuellen Liquorströmung bestimmt werden. Da die Dichte der LA aber zumeist bei Raumtemperatur angegeben wird, ist nach Angleichen an die Liquortemperatur die tatsächliche Dichte des LA und damit die Barizität in vivo geringer als angenommen. Dies bedeutet, dass die meisten handelsüblichen Amidlokanästhetika bei Körpertemperatur mit Ausnahme der 1%- und 2%-igen Lösungen von Articain und Mepivacain hypobares Verhalten zeigen [48]. Auf der Grundlage der Untersuchung von Tuominen et al. ist anzunehmen, dass die Temperaturäquibrierung kleiner Volumina von LA im Liquor innerhalb 1-2 min stattfindet und sich „isobare“ LA daher bereits wenige Minuten nach Injektion hypobar verhalten [92]. In dieser Untersuchung führte eine 2,5-minütige Periode in sitzender Position nach Injektion von 0.75% Bupivacain im Vergleich zu sofortiger Rückenlagerung zu einer signifikant höheren Ausbreitung der sensorischen Blockade. Aber auch späte Lagerungswechsel können nach Applikation isobaren Bupivacains infolge der Abnahme der Barizität zu einer Zunahme von sensorischer und sympathischer Blockade führen. Niemi et al. zeigten, dass durch eine Oberkörperhochlagerung auch 90 min. nach LA-Applikation eine Zunahme der kranialen Blockadeausbreitung verursacht werden kann [66]. Unbeabsichtigte sekundäre Zunahmen der Blockaden traten erst dann nicht mehr auf, wenn sich die Blockaden in Regression befanden. Vicent et al. beschrieben einen Fall von respiratorischer Insuffizienz durch rasche und signifikante kraniale Zunahme der Blockade infolge einer Oberkörperhochlagerung 15 min nach Bupivacainapplikation [99].

Einige Untersucher erwärmten das Lokalanästhetikum vor Applikation auf Körpertemperatur, ohne auf die Äquibrierung im Liquor zu warten und erniedrigten somit bewusst die Barizität [59,82]. Dies führte zu einer kranialeren Ausbreitung und schnelleren Anschlagszeiten der Blockaden. Solche Mechanismen sind für Bupivacain am besten evaluiert und am häufigsten beschrieben, grundsätzlich aber für andere „isobare“ LA auf Grund deren physikalischer Eigenschaften ebenfalls zu erwarten. Unterschiede zwischen den einzelnen LA sind lediglich in der Dauer der Blockade und dem Zeitintervall bis zur Rückläufigkeit der Blockade anzunehmen. Es ist daher grundsätzlich, vor allem aber bei Verwendung „isobarer“ LA anzuraten, Patienten mit SPA solange unter Monitoring zu beobachten, bis eine deutliche Remission der Blockade erkennbar ist. Es ist aus o.g. Gründen ebenfalls sinnvoll, vor Verlegung aus dem Aufwachraum für ca. 15-30 min eine „Testlagerung“, d.h. Oberkörperhochlagerung, durchzuführen, um eine unbeabsichtigte Zunahme der sensorischen Blockade nach Anwendung isobarer LA zu erkennen oder auszuschließen.

Opiatzusätze, wie Fentanyl oder Morphin, weisen als wässrige Lösungen ähnliche physikalische Eigenschaften wie die LA auf und haben daher einen Einfluss auf die ►

► Barizität von Mischpräparationen mit LA. Parlow et al. untersuchten in vitro die Dichte von Morphin und Fentanyl mit und ohne isobaren wie auch hyperbaren Bupivacain und konnten zeigen, dass der Zusatz von lediglich 0,3 ml Fentanyl zu 3 ml Bupivacain 0,5 % die Dichte der Mischlösung signifikant erniedrigte [68]. Da diese Messungen bei 22°C durchgeführt wurden, ist nach Erwärmung auf Körpertemperatur von einer eindeutigen Hypobarizität der Mischlösung auszugehen. In einer nachfolgenden klinischen Untersuchung ließ sich dieser Effekt auch im Ansatz aufzeigen. Die Verbesserung der Anästhesiequalität bei intrathekalen Verwendung von Opioidzusätzen ist wiederholt beschrieben und zumeist auf eine Opioid-spezifische Wirkung zurückgeführt worden. Welche Bedeutung jedoch die Änderung der Dichte der applizierten Mischlösung auf die Interpretation der Effekte von Opiatzusätzen zur Spinalanästhesie in der klinischen Praxis hat, bedarf noch der klinischen Evaluation.

## Punktionshöhe

Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor auf die Ausbreitung der SPA ist die Höhe des punktierten Zwischenwirbelsraumes. Isobare LA verteilen sich durch Diffusion von ihrem Depot aus, und eine kranialere Applikation bewirkt somit eine höhere Blockadeausbreitung nach rostral [87,93]. Für isobares Bupivacain zeigte sich eine signifikante Korrelation von Punktionshöhe und Ausbreitung der Blockade, selbst wenn die Unterschiede in der Punktionshöhe nur einen Zwischenwirbelraum betrafen. Kaudalere durchgeführte Punktionshöhen führten aber interessanterweise zu einer geringeren interindividuellen Variabilität der Ausbreitungshöhe [11,57,87,93]. Die Ursache für diese Beobachtung könnte sein, dass die Wahrscheinlichkeit den beabsichtigten Zwischenwirbelraum tatsächlich zu punktieren bei einem kaudal gelegenen Punktionsort höher ist (s.u.). Zusätzlich verursacht die kaudalere Punktionshöhe und Applikation von LA infolge der langsamer einsetzenden und geringer ausgeprägten Blockade sympathischer Afferenzen und Effenzen weniger unerwünschte hämodynamische Nebenwirkungen wie Hypotonie und Bradykardie [11,57,87,93].

Bei Verwendung von hyperbaren LA scheint die Höhe des punktierten Zwischenwirbelsraumes von geringerer Bedeutung auf die Ausbreitungskinetik der SPA zu sein, da hier in erster Linie die Schwerkraft die Richtung der Ausbreitung vorgibt [78,98]. Die Bewertung der angegebenen (beabsichtigten) Punktionshöhe muss jedoch bei allen in der Vergangenheit durchgeführten Untersuchungen mit Vorsicht erfolgen. Broadbent et al. zeigten durch MRT Untersuchungen, dass in der Praxis die beabsichtigte Punktionshöhe bis zu 4 Segmente von der tatsächlichen Punktionshöhe abweichen kann [11]. Selbst Erfahrene punktierten in 50% der Fälle kranialer als beabsichtigt. In lediglich 29% der Fälle waren beabsichtigte und tatsächliche Punktionshöhe auch identisch. Dies zeigt deutlich die Problematik der genauen Identifikation des beabsichtigten Punktionsortes anhand oberflächlicher anatomischer Landmarken. Altersbedingte Veränderungen der Wirbelsäule, wie atrophierte Zwischenwirbelscheiben oder

Skoliose, aber auch Adipositas erschweren selbst dem Erfahrenen die eindeutige Identifikation des beabsichtigten Punktionsortes [52]. Unter Berücksichtigung des Einflussfaktors Punktionshöhe, erscheint bei den meisten Untersuchungen, in denen isobare LA verwendet wurden, die interindividuelle Variationsbreite der erzielten Blockadehöhe plausibel. Es zeigt sich auch, dass diese Variationsbreite der Blockadehöhe bei bewusst kaudalere Punktionshöhe geringer ist als bei kranialere Punktionshöhe [93]. Bei der Nutzung des lumbosakralen Zugangsweges nach John A. Taylor, der sich an anderen Landmarken als der üblicherweise genutzten intercruralen Verbindungslinie, nämlich der Spina iliaca posterior superior orientiert, zeigten sich ebenfalls geringere interindividuelle Unterschiede in der erzielten Blockadehöhe [58]. Diese von Taylor benutzten Landmarken erlauben wahrscheinlich eine genauere Identifikation des beabsichtigten Punktionsortes. Ohne dass hier letzte Klarheit herrscht, ist mit dieser Technik ein Verfehlen der beabsichtigten Punktionshöhe um mehrere Zwischenwirbelräume eher unwahrscheinlich. Da sich unter Nutzung dieses Zugangsweges als wesentlicher Zusatzeffekt eine bemerkenswerte hämodynamische Stabilität unter SPA zeigte, könnte sich hier perspektivisch eine interessante Alternative für Eingriffe an der unteren Extremität und am unteren Körperstamm aufzeigen, falls eine bilaterale SPA erforderlich ist.

## Volumen / Konzentration / Dosis

Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor auf die Ausbreitungskinetik der SPA ist die applizierte LA-Dosis. Einige Untersucher, die den Volumeneffekt der LA auf Ausmaß und zeitlichen Verlauf der Blockade evaluierten, veränderten lediglich die Volumina der LA, ohne aber ihre Konzentration zu verändern, d.h. mit steigendem Volumen stieg auch die applizierte Dosis [4,21]. Es wurde aber wiederholt gezeigt, dass für die Ausbreitung der Blockade weder die Konzentration noch das Volumen der applizierten Lösung alleine entscheidend sind, sondern die verwendete Gesamtdosis [5,7,56]. Van Zundert et al. verglichen den Einfluss verschiedener Volumina und Konzentrationen von 70 mg Lidocain hyperbar in Konzentrationen zwischen 0,5% und 10% auf den Verlauf der sensorischen Blockade sowie die Wirkdauer der SPA [95]. Es zeigten sich weder in der Ausbreitungshöhe noch in der Wirkdauer Unterschiede zwischen den einzelnen Testsubstanzen. Ein interessanter Nebeneffekt der Untersuchung war jedoch, dass die Durchmischung von LA und Liquor nach LA-Applikation etwa 20 min in Anspruch nahm und folglich bei Verwendung von Lidocain verhältnismäßig langsam erfolgt. Malinovsky et al. untersuchten Volumeneffekte für isobares und hyperbares Bupivacain [62]. Auch sie fanden bei Konstanzhaltung der applizierten Dosis bei beiden Barizitäten keinen Einfluss des injizierten Volumens auf die Ausbreitungshöhe der Blockade. Die Autoren konnten aber zeigen, dass bei Verwendung hyperbarer Lösungen, höhere Konzentrationen in kleineren Volumina zu einer verstärkten motorischen Blockade führten. Sie erklärten ihre Beobachtung damit, dass die ventral gelegenen, dickeren motorischen Fasern in Rückenlage leichter blockiert ►

► werden, wenn höhere Konzentrationen von LA infolge der höheren Barizität der unverdünnten Lösung an den Fasern für längere Zeit akkumulieren. Dieser Effekt war bei Verwendung der isobaren Lösungen in dieser Form nicht nachzuweisen. Die Verwendung isobarer Lösungen mit niedriger Konzentration und hohem Volumen führte aber im Vergleich zu höher konzentrierten Lösungen zu einer niedrigeren Inzidenz an arterieller Hypotension. Die Autoren nahmen an, dass sowohl das Ausmaß wie auch die Qualität der Blockade der sympathischen Fasern konzentrationsabhängig ist und niedrigere Konzentrationen zu einer teilweise inkompletten Blockade führten.

Kleine Volumina von LA wurden wiederholt mit einer geringeren sensorischen Blockadeausdehnung assoziiert [4,62]. Aus o.g. Gründen muss, um solche Aussagen treffen zu können, jedoch sichergestellt sein, dass äquivalente LA-Dosen verwendet werden, was nur in den seltensten Fällen der Fall war.

Eine Erhöhung der LA-Dosis über ein gewisses Maß hinaus führt nicht zwangsläufig zu einer höheren Ausbreitung der Blockade [70]. Höhere Dosen bewirken vor allem eine Verlängerung der Wirkdauer, was zahlreiche neuere Untersuchungen vor allem im Bereich der ambulanten Anästhesie belegen [9,64,70,86,100]. Innerhalb der Spannweite üblicherweise verwendeter Dosen führt eine Dosiserhöhung von 50% ungefähr zu einer Zunahme der sensorischen Blockade um ca. ein Dermatome, d.h. eine lineare Dosis-Ausbreitungsbeziehung liegt nicht vor.

## Injektionsgeschwindigkeit und Kanülenschliff

Unterschiedliche Kanülenöffnungen können den primären Fluss des LA in die entsprechende Richtung dirigieren und damit bei langsamer Injektion eine unilateral betonte Blockade erleichtern. Das LA kann aber auch, sofern es entsprechend zügig injiziert wird, als Strahl die Kanülenöffnung in Winkeln von bis zu 55° zur Ebenen verlassen (Whitacre-, Sprötze-Kanülen) und damit primär vom Injektionsort weg verteilt werden, was funktionell einem höheren oder je nach Richtung der Kanülenöffnung tieferen Punktionsort entsprechen kann [47]. Dies ist vor allem bei Nutzung isobarer Techniken interessant, da bei hyperbaren Techniken dieser Effekt von der Schwerkraft relativiert wird. Stienstra zeigte, dass bei paramedianer Injektion mit primär nach kranial gerichteter Kanülenöffnung eine im Mittel um 1,5 Segmente höhere sensorische Blockade erzielt werden konnte [83]. Bei Verwendung einer Sprötze-Kanüle und isobarem Bupivacain zeigte sich, dass die Ausrichtung der Kanülenöffnung nach kranial zu einem schnelleren Blockadeeintritt führte, aber zu keiner Zunahme der Blockadehöhe [49]. Ähnliche Effekte sind für die Verwendung der Whitacre-Kanüle gezeigt worden. Hier konnte eine geringfügig höhere Ausbreitung mit einer geringeren interindividuellen Variabilität gezeigt werden, sofern das LA kranial gerichtet appliziert wurde [94]. Klinisch sind diese Effekte für isobare Techniken zwar signifikant, praktisch jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Der Einfluss der Injektionsgeschwindigkeit auf die Ausbreitungskinetik ist ebenfalls evaluiert worden. Stienstra et al.

untersuchten zwei um den Faktor 10 unterschiedliche Injektionsgeschwindigkeiten (0,5 ml/s vs. 0,05 ml/s). Da aber isobares Bupivacain in sitzender Position injiziert wurde, folglich von einer Temperaturäquibrierung unter Injektion ausgegangen werden muss, ist hier eher die konsekutive Hypobarizität der entscheidende Mechanismus für die höhere Ausbreitung bei langsamer Injektion gewesen. Interessanter ist die Verringerung der Injektionsgeschwindigkeit bei der Anwendung hyperbarer Techniken. Langsames Injizieren der LA führt zu einem langsamen Ausfließen des LA aus der Kanülenöffnung und kann damit eine einseitige Verteilung des LA im Liquorraum in Abhängigkeit von der Patientenlagerung und der Lagerungszeit begünstigen.

## Kombinierte spinale/epidurale Injektion

Es konnte gezeigt werden, dass die epidurale Applikation von LA nach intrathekaler Applikation von hyperbarem Bupivacain ebenfalls zu einer höheren Blockadeausbreitung führen kann [11,63]. Takiguchi et al. zeigten aber anhand myelographischer Untersuchungen, dass diese Effekte weniger auf das epidural applizierte LA zurückzuführen sind, sondern eher auf dessen Volumeneffekt durch Kompression des Subarachnoidalraumes [11,89]. Sie konnten nachweisen, dass es nach epiduraler Injektion von 10 ml NaCl im Anschluss an eine subarachnoidale LA-Injektion ebenfalls zu einer signifikanten Zunahme der kranialen Blockade kam. Dieser Effekt durch die subarachnoidale Volumenreduktion war allerdings nur nachweisbar, wenn die epidurale Nachinjektion kurz nach der subarachnoidalen Applikation erfolgte, und war 20 min nach SPA nicht mehr reproduzierbar [11,63].

## Patienteneigenschaften

Während früher patientenspezifische Charakteristika wie Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht als relevante Einflussgrößen auf die Blockadeausbreitung der SPA diskutiert wurden, müssen diese Annahmen durch neuere Erkenntnisse hinsichtlich der Bedeutung des individuellen Liquorvolumens sowie der geschlechts- und altersspezifischen Veränderungen der Barizität relativiert werden. Es ließ sich auf Grund der Vielzahl der verschiedenen Einflussfaktoren bis heute keine wesentliche Korrelation zwischen Ausbreitungshöhe und einzelnen o.g. allgemeinen Patientencharakteristika aufzeigen. Trotz der Vielfalt der verschiedenen Einflussfaktoren ist die Ausbreitung der SPA aber beim selben Patienten zeitnah gut reproduzierbar [88].

### Größe:

Der wesentliche Größen-spezifische Faktor für die unterschiedliche Verteilung von LA im Subarachnoidalraum ist die Länge des Durasackes und weniger die reine Körpergröße, da diese vor allem durch die Länge der unteren Extremitäten und weniger durch klinisch relevante Längenunterschiede der Wirbelsäule bestimmt wird. Da die Wirbelsäulenlänge von C7 bis zum Hiatus sakralis im ►

► Zusammenhang mit der SPA bisher nur vereinzelt bestimmt wurde, ist es nicht erstaunlich, dass die meisten Untersuchungen keine Korrelation zwischen reiner Körpergröße und sensorischer Blockadehöhe aufzeigen konnten. Lediglich in einer Untersuchung bei Patientinnen zur Sectio caesarea wurde eine Korrelation gefunden. In der relativ kleinen Fallgruppe von 24 Patientinnen kalkulierten die Autoren eine Dosis von 0,06 mg hyperbaren Bupivacains/cm Körpergröße, um bei 95% der Patientinnen eine Blockade bis Th4 zu erreichen [26]. Ekelof et al. hingegen konnten nach Applikation von 13,5 mg isobaren Bupivacains bei Sectio-Patientinnen keine Korrelation zwischen Ausbreitungshöhe, Gewichtszunahme während der Schwangerschaft oder Körpergröße aufzeigen [30].

### Gewicht:

Bei adipösen Patienten konnten Pitkanen et al. für isobares im Vergleich zu hyperbarem Bupivacain eine Korrelation zwischen Body-Mass-Index und kranialer Ausbreitung zeigen. [72]. Ebenso zeigten Taivainen et al. bei Adipösen nach Applikation von isobarem Bupivacain eine höhere Blockadeausbreitung [87]. Unter der Berücksichtigung von Broadbent's Ergebnissen scheint aber gerade die kranialere Ausbreitung nach isobarem Bupivacain bei diesen Patienten eher auf eine geringere Punktionsgenauigkeit und damit eine unbeabsichtigt kranialere Punktion zurückzuführen zu sein [11]. Dieser Eindruck wird dadurch verstärkt, dass eine solche Korrelation bei Verwendung von hyperbarem Bupivacain, dessen Ausbreitungskinetik weniger punktionshöhen-, sondern schwerkraftsabhängig ist, bislang nicht belegt werden konnte.

### Alter:

Mehrere Untersucher berichteten über höhere kraniale Ausbreitungen und verlängerte Wirkdauer sowohl von isobarem als auch hyperbarem Bupivacain in höherem Alter [71,74,96,97]. Inwieweit diese Beobachtungen auf altersspezifische physiologische Effekte zurückzuführen sind und nicht als sekundäre Folgen der altersbedingten Veränderungen der spinalen Anatomie, wie reduziertes Liquorvolumen oder degenerative Veränderungen betrachtet werden müssen, ist bislang allerdings nicht evaluiert. Alter per se scheint nach gegenwärtigem Kenntnisstand aber keine Determinante der Blockadeausbreitung zu sein.

### Veränderungen der Anatomie der Wirbelsäule

Welche Bedeutung Veränderungen der Wirbelsäulenkrümmung für die Ausbreitung des Lokalanästhetikums

haben, ist bisher nicht untersucht. Kitahara et al. konnten aber bereits 1956 zeigen, dass hyperbares Dibucain in Rückenlage am tiefsten Punkt der Wirbelsäulenkrümmung akkumulierte [53]. Hirabayashi et al. zeigten anhand von MRT-Untersuchungen interindividuelle Unterschiede der Wirbelsäulenkonfiguration bei einzelnen Patientengruppen auf. Sie demonstrierten, dass in Rückenlage der höchste Punkt der Lendenlordose bei Frauen bei L4 und bei Männern tendenziell etwas kranialer bei L4-L3/4 lag. Der tiefste Punkt der Brustkyphose befand sich bei Männern und Frauen zwischen T7-9. Die Neigungswinkel des lumbalen Spinalkanales lagen bei Männern zwischen 7,5° und 22,5°, bei Frauen zwischen 8° und 18,5°. Ähnliche Unterschiede ergaben sich zwischen Schwangeren und Nicht-Schwangeren sowie zwischen Jugendlichen und jungen Erwachsenen (Tab. 4) [43-45]. Diese erhebliche interindividuelle Variationsbreite kann ebenfalls zur Erklärung der unterschiedlichen Ausbreitungskinetik in verschiedenen Altersgruppen sowie zwischen Schwangeren und Nichtschwangeren beitragen und stellt im klinischen Alltag somit eine ebenfalls nicht bekannte Einflussgröße im Vorfeld einer Spinalanästhesie dar. Wie bedeutsam diese anatomische Variabilität in der klinischen Praxis ist, bedarf noch genauerer Evaluierung.

### Intraabdominaler Druck

Die Erhöhung des intraabdominalen Druckes führt zu einer Verringerung des intrathekalen Liquorvolumens. Hogan et al. konnten mittels MRT-Untersuchungen zeigen, dass bei Adipösen das lumbosakrale Liquorvolumen signifikant erniedrigt ist. Allerdings war diese Volumenreduktion nicht – wie lange Zeit vermutet – durch eine Kompression der Dura infolge verstärkt gefüllter Epiduralvenen bedingt, sondern durch Verschiebung von Bindegewebe und Fett entlang der Foramina intervertebralia in den Rückenmarkskanal [46]. Entsprechend fanden die Autoren die ausgeprägtesten Veränderungen des Liquorvolumens im Bereich der Foramina und nicht im Bereich der Venenplexus. Die Autoren konnten signifikante Unterschiede des lumbosakralen Liquorvolumens zwischen mäßig Adipösen (BMI 33,1 ±2,2) und schlanken Probanden (BMI 21,6±1,7) aufzeigen. Eine zusätzliche Erhöhung des intraabdominellen Druckes durch äußere Kompression führte in beiden Probandengruppen zu einer weiteren Abnahme des Liquorvolumens um knapp 10%. Obwohl vielfach versucht wurde, den Effekt von Adipositas auf die Ausbreitung der SPA zu evaluieren, fehlen Analysen, die den alleinigen ►

Tab. 4: Höchster (lumbaler) und tiefster (thorakaler) Punkt sowie Anstiegswinkel [°] des oberen thorakalen und Gefälle des lumbalen Spinalkanales [°] in Rückenlage (Median bzw. Mittelwerte [range]) (Daten adaptiert nach Hirabayashi et al. [43-45]).

	Höchster Punkt	Tiefster Punkt	Anstieg	Gefälle
Männer	L4 [L3/4 –L4]	T8 [T7-T9]	20,3 [9,5-23,5]	12,6 [7,5-22,5]
Frauen	L4 T8 [T7-T9]	18,5 [15-22,5]	13,4 [8-18,5]	
Schwangere	L4/5 [L4 – L4/5]	T6/ [T6-T7/8]	15,8 [12,5-20,5]	12,4 [7,5-18,5]
Nichtschwangere	L4 [L3/4 – L4]	T8 [T6/7 –T9]	22,7 [15,5-33]	13,4 [9-20,5]
Jugendliche	L4 [L3/4-L4/5]	T8/9 [T7-T9]	15,9 [7,5-23]	13,6 [8-20]
Erwachsene	L4 [L3/4-L4/5]	T8 [T6/7-T9]	26,4 [18-36]	12,4 [8-20,5]

► Effekt der intraabdominellen Druckerhöhung (z.B. Schwangerschaft) bei zeitgleichem Ausschluss anderer möglicher Einflussfaktoren evaluiert haben. Kurzfristige Erhöhungen des intraabdominellen Druckes, z.B. durch Husten, scheinen die Ausbreitung der SPA hingegen nicht wesentlich zu beeinflussen [29]. Es sind bislang nur zwei einzelne Kasuistiken bekannt, die über eine sekundäre Wiederausbreitung der bereits weitgehend abgeklungenen SPA mit hyperbarem Bupivacain infolge anhaltenden Hustens oder Würgens berichten [28,54].

## Unilaterale SPA

In jüngerer Zeit werden vermehrt Konzepte der einseitigen SPA vertreten. Ziele sind, sowohl die Wirkdauer zu verkürzen als auch die Inzidenz unerwünschter Nebenwirkungen zu reduzieren. Die zu Grunde liegende Idee ist, die sensorische und motorische Blockade auf die zu operierende Seite zu begrenzen und dabei die neurale Funktionstüchtigkeit der nicht operierten Seite (Motorik, Sensorik, Vasomotorentonus) zu erhalten. Zweifellos ist es möglich, die unterschiedliche Barizität verschiedener LA-Präparationen zu nutzen und durch entsprechende Lagerungsmanöver (Seitenlage) eine bevorzugte Verteilung des LA entsprechend der Schwerkraft zu erreichen. Mit einer solchen Technik sinkt die Inzidenz der SPA-spezifischen Nebenwirkungen tatsächlich. Allerdings nimmt die Dauer der spezifischen (präoperativen) Lagerungsmanöver im Vergleich zu der konventionellen SPA mit bilateraler Ausbreitung deutlich mehr Zeit in Anspruch. Die meisten Untersuchungen belegten, dass unter Beibehaltung der Seitenlage die Ausbreitung deutlich seitenbetont eintritt, dass jedoch nach Umlagerung in Rückenlage die Ausbreitung auf der unabhängigen Seite ebenfalls deutlich zunimmt. Diese Rückverteilung ist sowohl für hypobare wie auch hyperbare Lösungen zu beobachten und unterstreicht einmal mehr, dass LA nicht nach einer definierten Zeit an neuralen Strukturen definitiv fixiert sind. Auch klinisch gerade noch vertretbare Lagerungsintervalle führten zu keiner strikten Seitentrennung der unilateralen SPA. Hyperbare Lösungen zeigen aber im Vergleich zu hypobaren LA eine weniger ausgeprägte Umverteilungstendenz [16,51]. Mehrere Untersucher konnten zeigen, dass Lagerungsintervalle von bis zu 30 min nicht ausreichen, um die Blockade streng auf die abhängige Seite zu begrenzen [17,31,51]. Das Ausmaß der Rückverteilung ist neben der Lagerungszeit außerdem abhängig von der verwendeten LA-Dosis. Niedrigere Dosen hyperbaren Bupivacains zeigen eine geringere Rückverteilungstendenz als hohe Dosen. Kuusniemi et al. konnten aber selbst für so geringe Dosen wie 6,12 mg hypobares Bupivacain aufzeigen, dass nach Beendigung des Lagerungsmanövers dennoch eine Umverteilung auftritt und auch die Verlängerung der Lagerungsperiode von 20 auf 30 min. keinen klinischen Benefit zeigte [55]. Solche Umverteilungsvorgänge konnten für höhere Dosen isobaren und hyperbaren Bupivacains sogar noch nach 120 min nachgewiesen werden [66,73]. Dieses Phänomen ist klinisch hinlänglich bekannt, zum Beispiel für den sogenannten Sattelblock, bei dem es regelhaft auch bei Verwendung deutlich hyperbarer LA

nach Umlagerung von der sitzenden Position in Rückenlage zu einer kranial gerichteten sekundären Ausbreitung kommt. Kaya et al. zeigten eine ausgeprägte Umverteilung für hypobares Bupivacain (0,18%) als für hyperbares Bupivacain (0,5%) auf [51]. In dieser Untersuchung war die lateralisierte Ausbreitung in beiden Gruppen initial zwar vergleichbar (76% vs. 80%), aber nach Aufhebung der Seitenlagerung kam es zu einer deutlichen Umverteilung des LA, sodass eine lateralisierte Ausbreitung in der hypobaren Gruppe nur noch bei 24% hingegen in der hyperbaren Gruppe bei 68% der Patienten bestand. Die Autoren erklärten die stabileren Verhältnisse bei Verwendung hyperbaren Bupivacains mit dem größeren Dichteunterschied zwischen hyperbarem Bupivacain und Liquor. Trotz einseitiger Betonung der Blockade tritt aber auch bei der unilateralen Spinalanästhesie eine erhebliche, der bilateralen SPA vergleichbare Variationsbreite in der Höhe der maximalen sensorischen Blockade auf [16,51]. Eine weitere Absicht, die hinter der Anwendung einer unilateralen SPA steht, ist der Versuch, motorische Blockaden an der nicht operierten Extremität/Seite zu vermeiden. Allerdings gilt für die einseitige motorische Blockade ähnliches wie für die sensorische Blockade. Kuusniemi et al. konnten für hypobares (0,18%) Bupivacain zeigen, dass die Aufhebung der Lagerung ca. 2 h nach Anlage der Blockade zu einer deutlichen Zunahme der Inzidenz motorischer Blockaden der Gegenseite führte [55]. Auch bei der unilateralen SPA spielt die Auswahl der Lokalanästhetika in Bezug auf die Variabilität der Blockade eher eine untergeordnete Rolle. Casati et al. evaluierten die Ausbreitungskinetik für hyperbares Bupivacain (8 mg), Levobupivacain (8mg) und Ropivacain (12 mg) [16]. Sie fanden ebenfalls eine der bilateralen SPA vergleichbare Variabilität der sensorischen Blockade auf der abhängigen Seite. Eine streng unilaterale sensorische Blockade trat in dieser Untersuchung bei 30%-45% aller Patienten auf, eine unilaterale motorische Blockade bei 70-80%. Das Ausmaß der Seitendifferenz kann bei der unilateralen SPA durch die Art der verwendeten Punktionskanüle beeinflusst werden [17]. Kanülen mit seitlicher Öffnung erleichterten bei langsamer Injektion hyperbarer Lösungen die seitenbetonte Begrenzung sowohl der sensorischen als auch der motorischen Blockade [31]. Ein möglicher Vorteil der unilateralen SPA ist bislang kaum evaluiert. Für die hämodynamischen Nebenwirkungen der SPA ist das Ausmaß der Blockade sympathischer Afferenzen und Efferenzen entscheidend. In den meisten Untersuchungen wurden die sympathikolytischen Effekte der unilateralen SPA nicht berichtet, selbst wenn über den Verlauf der Hämodynamik mit berichtet wurde. Sollten hier relevante Unterschiede zur bilateralen SPA aufgezeigt werden können, so würde dies einen erheblichen klinischen Vorteil dieser Technik im Vergleich zur bilateralen SPA darstellen. Allerdings ließen sich auch in den o.g. Untersuchungen, die den deutlichsten Seitenunterschied aufzeigen, klinisch relevante hämodynamische Nebenwirkungen wie Bradykardie und Hypotension nicht völlig eliminieren. Somit zeigen die Rückverteilungstendenz der LA nach Lagerungswechsel, wie auch die nach wie vor vorhan-



► denen hämodynamischen Nebenwirkungen, dass die unilaterale SPA zwar deutliche Vorteile im klinischen Alltag hat, aber die grundsätzlichen Probleme der (bilateralen) SPA per se nicht endgültig lösen kann.

## Lokalanästhetika

Die Auswahl der Lokalanästhetika hat vor allem einen Einfluss auf die Dauer der sensorischen und motorischen Blockade, weniger auf die Variabilität der Ausbreitung. Als primärer Grund für die Anwendung von kurzwirksamen Lokalanästhetika wie Lidocain, Prilocain, Mepivacain oder Articain gilt die kürzere Wirkdauer. Dies macht solche LA vor allem für die Anwendung in der ambulanten Chirurgie interessant [67,70]. Allerdings bieten diese LA keine kalkulierbarere Ausbreitungskinetik als die langwirksamen LA. Bedingt durch die erhöhte Inzidenz transitorischer neurologischer Symptome (TNS) unter Lidocain, aber auch Prilocain, wurden in jüngerer Zeit vermehrt Anstrengungen unternommen, die zeitliche Steuerbarkeit der Blockade durch die langwirksamen Lokalanästhetika Bupivacain, Levobupivacain und Ropivacain, die alle eine deutlich geringere Inzidenz an TNS aufweisen, durch Dosisreduktion zu optimieren. Breebaart et al. zeigten bei SPA zur ambulanten Kniearthroskopie, dass Anästhesiequalität und Erholungszeiten für Lidocain (60 mg), Levobupivacain (10 mg) und Ropivacain (15 mg) vergleichbar waren, ebenso wie der Verlauf der maximalen sensorischen Blockade [10]. In dieser Untersuchung zeigte sich lediglich eine frühere spontane Miktions bei Verwendung von Lidocain. Cappelleri et al. zeigten bei einem vergleichbaren Eingriff, dass eine weitere Dosisreduktion für Levobupivacain und Ropivacain möglich ist und damit die Dauer der Blockade weiter verkürzt werden kann [12]. In dieser Untersuchung fiel aber auch die bemerkenswert niedrige Variationsbreite der sensorischen Blockade von maximal 6 Segmenten auf, für die die Autoren aber keine Erklärung lieferten. Tsen et al. zeigten bei kleineren gynäkologischen Eingriffen, dass selbst mit Dosen von 3,75 mg hyperbarem Bupivacain eine ausreichende sensorische Blockade zu erzielen ist, und damit Erholungszeiten von unter 2 h zu erreichen sind, die sich nicht von den Erholungszeiten bei Verwendung von 30 mg Lidocain unterscheiden [91]. Alle diese Untersuchungen weisen darauf hin, dass im klinischen Alltag häufig verhältnismäßig hohe Dosen an LA verwendet werden, die sicherlich nicht immer erforderlich sind. Die Gründe dafür sind am ehesten in der Angst vor einer unzureichenden sensorischen Blockade zu suchen. Die Verwendung niedrigerer Dosierungen erfordern aber auch ein größeres Maß an Routine des Anwenders, da u.U. rechtzeitige und konsequente Lagerungsmanöver erforderlich sind, um die gewünschte Ausbreitung zu erzielen. Dies kann im Einzelfall zu einem erhöhten Zeitaufwand führen, was die breite Anwendung solcher Low-dose-Techniken im Routinebetrieb innerhalb operativer Einrichtungen erschwert.

Diesen Versuchen, die LA-Dosis noch weiter zu reduzieren sind aber auch klare Grenzen gesetzt. Es zeigte sich in einer Vielzahl neuerer Untersuchungen ganz klar, dass

Versuche, die Dosis von Lokalanästhetika noch weiter zu reduzieren, zu einer unakzeptablen Inzidenz unzureichender Blockaden führen kann [6,18,41,80]. Die Ermittlung der ED<sub>50</sub> und ED<sub>95</sub> für isobares wie auch hyperbares Bupivacain plus Fentanyl zur Sectio caesarea zeigt deutlich, dass mit Unterschreiten bislang klinisch üblicher Dosierungen von 10 -12,5 mg Bupivacain zumindest im klinischen Alltag mit einer erhöhten Inzidenz unzureichender Blockaden zu rechnen ist [15,35].

## Adjuvantien

Versuche, die Steuerbarkeit der Höhe wie auch der Dauer der sensorischen Blockade zu verbessern, sowie die Inzidenz hämodynamischer Nebenwirkungen zu reduzieren, führten zu einer Verringerung der applizierten Lokalanästhetikadosis. Auf Grund der Variabilität und Unvorhersagbarkeit der sensorischen Blockadeausbreitung birgt eine solche Dosisreduktion aber bei einem gewissen Prozentsatz von Patienten die Gefahr der unzureichenden Blockade. Um eine unzureichende Ausbreitung zu kompensieren, wird von einigen Untersuchern daher eine Niedrigdosis-SPA als kombinierte Spinal-/Epiduralanästhesie durchgeführt, um die (unzureichende) spinale Blockade gegebenenfalls epidural supplementieren zu können. Alternativ wird versucht, die Qualität und Höhe der Blockade durch unterschiedlichste Adjuvantien zu verbessern. Die am häufigsten eingesetzten Adjuvantien sind sicher Opioide, von denen vor allem Morphin, Sufentanil und Fentanyl zur SPA verwendet werden. Der grundsätzlich dahinterstehende Gedanke beruht auf der synergistischen analgetischen Wirkung von LA und Opioiden wie auch von LA und Clonidin. Damit könnte eine ausreichende analgetische Wirkung bei gleichzeitiger Dosisreduktion der LA erzielt werden. Da die LA für die Blockade sympathischer Afferenzen und Efferenzen verantwortlich sind, könnte eine solche Dosisreduktion möglicherweise helfen, bei erhaltener Analgesiequalität die Inzidenz und das Ausmaß unerwünschter hämodynamischer Nebenwirkungen zu verringern.

## Opioide

Der Synergismus der analgetischen Wirkung von LA und Opioiden bei der SPA ist hinreichend belegt. Der Einfluss der Opioidzusätze auf das Ausmaß der sensorischen und motorischen Blockade wird hingegen sehr widersprüchlich beurteilt. Bei der Betrachtung des Wirkmechanismus von Opioid/LA-Mischlösungen ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob isobare oder hyperbare Lokalanästhetika verwendet werden. Da Opioide bei 37°C leicht hypobare Eigenschaften aufweisen, verhält sich eine Mischlösung mit „isobaren“ LA nach Temperaturangleichung im Liquor auf 37°C hypobar. Patterson et al. zeigten auf, dass der Zusatz von Fentanyl verglichen mit isotoner Kochsalzlösung bei einer SPA mit isobarem Bupivacain zu keiner klinisch relevanten Zunahme der Ausbreitung der sensorischen Blockade führte [69]. Für hyperbares Bupivacain wurde der Effekt von Opioidzusätzen ebenfalls evaluiert. Untersucher, die hohe Bupivacain-Dosen mit Fentanyl ►

► verwendeten, konnten keinen Effekt des Opiatzusatzes auf die Höhe der sensorischen Blockade nachweisen [24,76]. In Verbindung mit hyperbaren wie auch mit isobaren LA führte der Zusatz von Opioiden aber zu einer deutlich länger andauernden postoperativen Analgesie. Neuere Untersuchungen, in denen niedrige Bupivacaindosen (< 10 mg) mit Opioidzusatz verwendet wurden, zeigten, dass der Verlauf der Hämodynamik bei Verwendung der LA/Opioid-Lösung deutlich stabiler war verglichen mit der alleinigen LA-Applikation. Ein weiteres Argument für die Verwendung niedriger Dosen hyperbaren Bupivacains mit Fentanyl- oder Sufentanilzusatz im Vergleich zu höheren Dosen an reinem LA ist die geringere Inzidenz an Übelkeit und Erbrechen bei Patientinnen zur Sectio caesarea [6,18,24]. Diese Vorteile werden aber bei der Sectio caesarea mit einer höheren Inzidenz an inkompletter sensorischer Blockade erkaufte [6,18]. Dies zeigt einerseits deutlich die Problematik der Differenzierung von sensorischer Blockade (Anästhesie) und analgetischer Wirkung in der klinischen Praxis. Die im klinischen Alltag zur Austestung der sensorischen Blockade meist verwendete Pin-prick-Technik kann durch das Auslösen von Einzelreizen einen Differentialblock nicht ausschließen, d.h. sie kann im Einzelfall nicht exakt genug zwischen Analgesie und sensorischer Blockade unterscheiden [41,77]. Dies zeigt andererseits aber auch, dass gerade bei Low-dose-SPA und erforderlicher hoher Blockadeausbreitung wie bei der Sectio caesarea die frühzeitige und konsequente Lagerung für den Erfolg mit entscheidend ist, was neben fundierten Grundkenntnissen auch ein gehöriges Maß an klinischer Erfahrung erfordert.

Der Zusatz von Morphin zum LA führte bei Patientinnen mit Sectio caesarea ebenfalls zu einer Verbesserung der Analgesiequalität, allerdings nahm die Inzidenz an Übelkeit und Erbrechen mit steigender Morphindosis deutlich zu [79].

Ähnlich stellt sich die Situation für Mischungen von Opioiden mit anderen Lokalanästhetika dar. Meininger et al. untersuchten die Kombination von 80 mg hyperbaren Mepivacains mit Fentanyl oder Sufentanil zur Sectio caesarea [65]. Auch hier zeigten sich zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der sensorischen sowie dem Grad der motorischen Blockade. In dieser Untersuchung zeigte sich aber eine bemerkenswert geringe Variabilität der interindividuellen sensorischen Blockadehöhe, was ein Indiz für eine ungewöhnlich gute Punktionsgenauigkeit sein kann.

Für alle Opioidzusätze konnte in den o.g. Untersuchungen intraoperativ eine bessere Analgesiequalität sowie eine deutliche Verlängerung der postoperativen Schmerzfreiheit aufgezeigt werden, ohne dass die Dauer der motorischen Blockade klinisch relevant verlängert gewesen wäre. Von allen Opioiden bot der Zusatz von (geringen Dosen) Morphin die am längsten anhaltende postoperative Analgesie. Da Opiode primär keine Blockade der Nervenleitung verursachen, ist dieser Effekt für Mischlösungen mit hyperbaren LA auch zu erwarten. Im Gegensatz zu Mischungen mit „isobaren“ LA ist die endgültige Lösung nach Temperaturangleichung im Liquor nicht hypobar, sondern immer noch hyperbar und zeigt somit keine wesent-

lich andere Kinetik als die Reinsubstanz. Unter rein analgetischen, aber weniger unter anästhetischen Gesichtspunkten erlaubt der Zusatz von Opioiden somit eine Reduktion der ansonsten üblichen LA-Dosis, was zu einer stabileren Hämodynamik und länger andauernden postoperativen Analgesie führt. Die Variabilität der Blockadeausbreitung wird aber im Vergleich zu reinem LA dadurch nicht kalkulierbarer. „Erkaufte“ wird dieser Vorteil durch die höhere Inzidenz an Übelkeit und Pruritus, was abhängig ist von Dosis und Art des verwendeten Opioids.

### Clonidin

Auch für Clonidin sind additive Effekte, wie die Verlängerung der Wirkdauer und Verbesserung der Analgesiequalität bei gemeinsamer Verwendung mit LA beschrieben. Hohe Dosen an Clonidin weisen aber bei subarachnoidaler Applikation ebenfalls ein substanzspezifisches hämodynamisches Nebenwirkungsprofil wie Bradykardien und arterielle Hypotension auf. De Kock et al. verglichen die analgetische Effektivität von 15µg, 45µg und 75µg Clonidin als Zusatz zu 8 mg Ropivacain bei Patienten zur Kniearthroskopie und fanden keine verbesserte Steuerbarkeit im Vergleich mit Ropivacain ohne Clonidinzusatz [27]. Es zeigte sich, dass durch die unterschiedlichen Clonidinzusätze dosisabhängig eine Verlängerung der Blockadedauer sowie eine Verbesserung der postoperativen Analgesiequalität zu erzielen war. Allerdings nahm auch die Inzidenz an Nebenwirkungen dosisabhängig zu. Ähnliche Ergebnisse fanden sich auch bei der Mischung von isobarem Bupivacain und Clonidin [85]. Der exakte Wirkmechanismus von Clonidin als Zusatz zur Spinalanästhesie ist nach wie vor ungeklärt, scheint aber nicht ausschließlich an eine rückenmarksnahe Applikation gekoppelt zu sein. Eine signifikante Verlängerung der analgetischen Wirkung von subarachnoidal appliziertem Lidocain ist nämlich auch bei zeitgleicher oraler Applikation von Clonidin aufgezeigt worden [60].

### Fazit

Der wesentliche Vorteil der SPA im Vergleich mit anderen Regionalanästhesieverfahren wie der Epiduralanästhesie oder peripheren Nervenblockaden ist die höhere Erfolgsrate. Auf Grund der erheblichen hämodynamischen Nebenwirkungen wie auch andauernden Störungen der Blasenentleerung besteht naturgemäß ein großes Interesse, die Intensität und Wirkdauer der Blockade den jeweiligen klinischen Anforderungen anzupassen und keine unnötig lang anhaltenden oder zu hohen Blockaden zuzulassen. Die Vielzahl der im Vorfeld unbekannteten Einflussgrößen auf die Dynamik der SPA macht die exakte Steuerung in der klinischen Praxis nach wie vor extrem schwierig bis unmöglich. Für den Kliniker ist wesentlich zu wissen, dass letztlich weder isobare noch hyperbare LA eine genaue Steuerung zulassen. Es ist ebenso wichtig zu wissen, dass solange die SPA nicht deutlich abgeklungen ist, jederzeit, d.h. auch noch Stunden nach der Anlage des Blockes Lagerungswechsel zu einer Veränderung der sensorischen Blockadehöhe und damit zu hämodynamischen Nebenwirkungen oder Komplikationen führen können. ►

► Die Annahme, Lagerungsmanöver könnten bei allen Patienten eine streng einseitige SPA ermöglichen, ist bei Kenntnis des Wirkmechanismus der SPA nicht haltbar, sodass eher von einer lateralisierten SPA ausgegangen werden sollte. Additive wie Opioide oder Clonidin verbessern die Steuerbarkeit der SPA nicht wesentlich. Allerdings ist mit solchen Additiven eine Verlängerung der postoperativen analgetischen Wirkung zu erzielen.

Der wesentliche Punkt in der klinischen Praxis ist nach wie vor, dass, solange die SPA nicht objektiv abgeklungen ist, eine angemessene Überwachung des Patienten erforderlich ist.

#### Literatur

1. **Alley EA, Kopacz DJ, McDonald SB, Liu SS.** Hyperbaric spinal levobupivacaine: a comparison to racemic bupivacaine in volunteers. *Anesth Analg* 2002;94:188-93, table.
2. **Auroy Y, Benhamou D, Bargues L et al.** Major complications of regional anesthesia in France: The SOS Regional Anesthesia Hotline Service. *Anesthesiology* 2002;97:1274-80.
3. **Auroy Y, Narchi P, Messiah A, Litt L, Rouvier B, Samii K.** Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. *Anesthesiology* 1997;87:479-86.
4. **Axelsson KH, Edstrom HH, Widman GB.** Spinal anaesthesia with glucose-free 0.5% bupivacaine: effects of different volumes. *Br J Anaesth* 1984;56:271-8.
5. **Ben-David B, Levin H, Solomon E, Admoni H, Vaida S.** Spinal bupivacaine in ambulatory surgery: the effect of saline dilution. *Anesth Analg* 1996;83:716-20.
6. **Ben-David B, Miller G, Gavriel R, Gurevitch A.** Low-dose bupivacaine-fentanyl spinal anesthesia for cesarean delivery. *Reg Anesth Pain Med* 2000;25:235-9.
7. **Bengtsson M, Malmqvist LA, Edstrom HH.** Spinal analgesia with glucose-free bupivacaine--effects of volume and concentration. *Acta Anaesthesiol Scand* 1984;28:583-6.
8. **Biboulet P, Aubas P, Dubourdieu J, Rubenovitch J, Capdevila X, d'Athis F.** Fatal and non fatal cardiac arrests related to anesthesia. *Can J Anaesth* 2001;48:326-32.
9. **Borghi B, Stagni F, Bugamelli S et al.** Unilateral spinal block for outpatient knee arthroscopy: a dose-finding study. *J Clin Anesth* 2003;15:351-6.
10. **Breebaart MB, Vercauteren MP, Hoffmann VL, Adriaensen HA.** Urinary bladder scanning after day-case arthroscopy under spinal anaesthesia: comparison between lidocaine, ropivacaine, and levobupivacaine. *Br J Anaesth* 2003;90:309-13.
11. **Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R, Wilson DJ, Gawne-Cain M, Russell R.** Ability of anaesthetists to identify a marked lumbar interspace. *Anaesthesia* 2000;55:1122-6.
12. **Cappelleri G, Aldegheri G, Danelli G et al.** Spinal anesthesia with hyperbaric levobupivacaine and ropivacaine for outpatient knee arthroscopy: a prospective, randomized, double-blind study. *Anesth Analg* 2005;101:77-82, table.
13. **Carpenter RL, Caplan RA, Brown DL, Stephenson C, Wu R.** Incidence and risk factors for side effects of spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1992;76:906-16.
14. **Carpenter RL, Hogan QH, Liu SS, Crane B, Moore J.** Lumbosacral cerebrospinal fluid volume is the primary determinant of sensory block extent and duration during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1998;89:24-9.
15. **Carvalho B, Durbin M, Drover DR, Cohen SE, Ginosar Y, Riley ET.** The ED50 and ED95 of intrathecal isobaric bupivacaine with opioids for cesarean delivery. *Anesthesiology* 2005;103:606-12.
16. **Casati A, Fanelli G, Beccaria P et al.** Block distribution and cardiovascular effects of unilateral spinal anaesthesia by 0.5% hyperbaric bupivacaine. A clinical comparison with bilateral spinal block. *Minerva Anestesiologica* 1998;64:307-12.
17. **Casati A, Fanelli G, Cappelleri G et al.** Effects of spinal needle type on lateral distribution of 0.5% hyperbaric bupivacaine.

*Anesth Analg* 1998;87:355-9.

18. **Choi DH, Ahn HJ, Kim MH.** Bupivacaine-sparing effect of fentanyl in spinal anesthesia for cesarean delivery. *Reg Anesth Pain Med* 2000;25:240-5.
19. **Chopra V, Bovill JG, Spierdijk J.** Accidents, near accidents and complications during anaesthesia. A retrospective analysis of a 10-year period in a teaching hospital. *Anaesthesia* 1990;45:3-6.
20. **Christensen EF, Sogaard P, Egebo K, Bach LF, Riis J.** Myocardial ischaemia and spinal analgesia in patients with angina pectoris. *Br J Anaesth* 1993;71:472-5.
21. **Chung CJ, Bae SH, Chae KY, Chin YJ.** Spinal anaesthesia with 0.25% hyperbaric bupivacaine for Caesarean section: effects of volume. *Br J Anaesth* 1996;77:145-9.
22. **Chung CJ, Choi SR, Yeo KH, Park HS, Lee SI, Chin YJ.** Hyperbaric spinal ropivacaine for cesarean delivery: a comparison to hyperbaric bupivacaine. *Anesth Analg* 2001;93:157-61.
23. **Chung CJ, Yun SH, Hwang GB, Park JS, Chin YJ.** Intrathecal fentanyl added to hyperbaric ropivacaine for cesarean delivery. *Reg Anesth Pain Med* 2002;27:600-3.
24. **Dahlgren G, Hultstrand C, Jakobsson J, Norman M, Eriksson EW, Martin H.** Intrathecal sufentanil, fentanyl, or placebo added to bupivacaine for cesarean section. *Anesth Analg* 1997;85:1288-93.
25. **Danelli G, Fanelli G, Berti M et al.** Spinal ropivacaine or bupivacaine for cesarean delivery: a prospective, randomized, double-blind comparison. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29:221-6.
26. **Danelli G, Zangrillo A, Nucera D et al.** The minimum effective dose of 0.5% hyperbaric spinal bupivacaine for cesarean section. *Minerva Anestesiologica* 2001;67:573-7.
27. **De Kock M, Gautier P, Fanard L, Hody JL, Lavand'homme P.** Intrathecal ropivacaine and clonidine for ambulatory knee arthroscopy: a dose-response study. *Anesthesiology* 2001;94:574-8.
28. **Donielson DW, Palmen BD.** A case of reappearance of spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1994;79:811.
29. **Dubelman AM, Forbes AR.** Does cough increase the spread of subarachnoid anesthesia? *Anesth Analg* 1979;58:306-8.
30. **Ekelof NP, Jensen E, Poulsen J, Reinstrup P.** Weight gain during pregnancy does not influence the spread of spinal analgesia in the term parturient. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997;41:884-7.
31. **Enk D, Prien T, Van AH, Mertes N, Meyer J, Brussel T.** Success rate of unilateral spinal anesthesia is dependent on injection flow. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:420-7.
32. **Enzmann DR, Pelc NJ.** Normal flow patterns of intracranial and spinal cerebrospinal fluid defined with phase-contrast cine MR imaging. *Radiology* 1991;178:467-74.
33. **Gautier P, De Kock M, Huberty L, Demir T, Izydorczak M, Vanderick B.** Comparison of the effects of intrathecal ropivacaine, levobupivacaine, and bupivacaine for Caesarean section. *Br J Anaesth* 2003;91:684-9.
34. **Geffin B, Shapiro L.** Sinus bradycardia and asystole during spinal and epidural anesthesia: a report of 13 cases. *J Clin Anesth* 1998;10:278-85.
35. **Ginosar Y, Mirikatani E, Drover DR, Cohen SE, Riley ET.** ED50 and ED95 of intrathecal hyperbaric bupivacaine coadministered with opioids for cesarean delivery. *Anesthesiology* 2004;100:676-82.
36. **Greene NM.** Distribution of local anesthetic solutions within the subarachnoid space. *Anesth Analg* 1985;64:715-30.
37. **Greitz D, Franck A, Nordell B.** On the pulsatile nature of intracranial and spinal CSF-circulation demonstrated by MR imaging. *Acta Radiol* 1993;34:321-8.
38. **Hare GM, Ngan JC.** Density determination of local anaesthetic opioid mixtures for spinal anaesthesia. *Can J Anaesth* 1998;45:341-6.
39. **Hartmann B, Junger A, Klasen J et al.** The incidence and risk factors for hypotension after spinal anesthesia induction: an analysis with automated data collection. *Anesth Analg* 2002;94:1521-9, table.
40. **Heller AR, Zimmermann K, Seele K, Roessel T, Koch T, Litz RJ.** Modifying the baricity of local anesthetics for spinal anesthesia by temperature adjustment: model calculations. ►

- Anesthesiology 2006;105:346-53.
41. **Hepner DL.** Low-dose spinal anesthesia for cesarean delivery: Have we gone too far? *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:180-2.
  42. **Higuchi, H., Hirata, J., Adachi, Y., and Kazama, T.** Influence of lumbosacral cerebrospinal fluid density, velocity, and volume on extent and duration of plain bupivacaine spinal anesthesia. *Anesthesiology* 2004;100[1]:106-114.
  43. **Hirabayashi Y, Shimizu R, Fukuda H, Saitoh K, Furuse M.** Anatomical configuration of the spinal column in the supine position. II. Comparison of pregnant and non-pregnant women. *Br J Anaesth* 1995;75:6-8.
  44. **Hirabayashi Y, Shimizu R, Saitoh K, Fukuda H, Furuse M.** Anatomical configuration of the spinal column in the supine position. I. A study using magnetic resonance imaging. *Br J Anaesth* 1995;75:3-5.
  45. **Hirabayashi Y, Shimizu R, Saitoh K, Fukuda H, Igarashi T, Furuse M.** Anatomical configuration of the spinal column in the supine position. III. Comparison of adolescent and adult volunteers. *Br J Anaesth* 1996;76:508-10.
  46. **Hogan QH, Prost R, Kulier A, Taylor ML, Liu S, Mark L.** Magnetic resonance imaging of cerebrospinal fluid volume and the influence of body habitus and abdominal pressure. *Anesthesiology* 1996;84:1341-9.
  47. **Holman SJ, Robinson RA, Beardsley D, Stewart SF, Klein L, Stevens RA.** Hyperbaric dye solution distribution characteristics after pencil-point needle injection in a spinal cord model. *Anesthesiology* 1997;86:966-73.
  48. **Horlocker TT, Wedel DJ.** Density, specific gravity, and baricity of spinal anesthetic solutions at body temperature. *Anesth Analg* 1993;76:1015-8.
  49. **James KS, Stott SM, McGrady EM, Pearsall FJ, Frame WT, Russell D.** Spinal anaesthesia for Caesarean section: effect of Sprotte needle orientation. *Br J Anaesth* 1996;77:150-2.
  50. **Juelsgaard P, Sand NP, Felsby S, et al.** Perioperative myocardial ischaemia in patients undergoing surgery for fractured hip randomized to incremental spinal, single-dose spinal or general anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol* 1998;15:656-63.
  51. **Kaya M, Oguz S, Aslan K, Kadiogullari N.** A low-dose bupivacaine: a comparison of hyperbaric and hypobaric solutions for unilateral spinal anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29:17-22.
  52. **Kim JT, Bahk JH, Sung J.** Influence of age and sex on the position of the conus medullaris and Tuffier's line in adults. *Anesthesiology* 2003;99:1359-63.
  53. **Kitahara T, Ishikawa F.** On the control of spinal anesthetic levels. *Int Surg* 1967;47:268-73.
  54. **Kuczkowski KM, Benumof JL.** Postoperative cough-induced recurrence of spinal anaesthesia in the parturient. *Anaesthesia* 2003;58:101.
  55. **Kuusniemi KS, Pihlajamaki KK, Pitkanen MT, Korkeila JE.** A low-dose hypobaric bupivacaine spinal anesthesia for knee arthroscopies. *Reg Anesth* 1997;22:534-8.
  56. **Lanz E, Schmitz D.** [No effect of injection volume on sensory and motor blockade in isobaric spinal anesthesia]. *Reg Anaesth* 1990;13:153-8.
  57. **Litz RJ, Groesse R, Wiessner D, Heller AR, Koch T.** Incidence of cardiac arrests during regional anaesthesia. An 8 year survey. *Anesthesiology* 2004;101:A902.
  58. **Litz RJ, M. Brand, D. Wiessner, A.R. Heller, T. Koch,** Spinal anaesthesia using Taylor's lumbosacral approach reduces the incidence and severity of haemodynamic side effects in patients undergoing transurethral surgery. *Eur J Anaesthesiol* 2006;23 [Suppl 37]:A433.
  59. **Litz RJ, Reyntan N, Vicent O, Wiessner D, Heller AR, Koch T.** The influence of the temperature of bupivacaine 0.5% used for lumbosacral spinal anaesthesia (Taylor's approach) on onset and extent of block. *Eur J Anaesth* 2005;22 [Suppl 34]:A365.
  60. **Liu S, Chiu AA, Neal JM, Carpenter RL, Bainton BG, Gerancher JC.** Oral clonidine prolongs lidocaine spinal anesthesia in human volunteers. *Anesthesiology* 1995;82:1353-9.
  61. **Lui AC, Polis TZ, Cicutti NJ.** Densities of cerebrospinal fluid and spinal anesthetic solutions in surgical patients at body temperature. *Can J Anaesth* 1998;45:297-303.
  62. **Malinovsky JM, Renaud G, Le Corre P et al.** Intrathecal bupivacaine in humans: influence of volume and baricity of solutions. *Anesthesiology* 1999;91:1260-6.
  63. **Mardirossoff C, Dumont L, Lemedioni P, Pauwels P, Massaut J.** Sensory block extension during combined spinal and epidural. *Reg Anesth Pain Med* 1998;23:92-5.
  64. **McNamee DA, Parks L, McClelland AM et al.** Intrathecal ropivacaine for total hip arthroplasty: double-blind comparative study with isobaric 7.5 mg ml<sup>-1</sup> and 10 mg ml<sup>-1</sup> solutions. *Br J Anaesth* 2001;87:743-7.
  65. **Meininger D, Byhahn C, Kessler P et al.** Intrathecal fentanyl, sufentanil, or placebo combined with hyperbaric mepivacaine 2% for parturients undergoing elective cesarean delivery. *Anesth Analg* 2003;96:852-8, table.
  66. **Niemi L, Tuominen M, Pitkanen M, Rosenberg PH.** Effect of late posture change on the level of spinal anaesthesia with plain bupivacaine. *Br J Anaesth* 1993;71:807-9.
  67. **Ostgaard G, Hallaraker O, Ulveseth OK, Flaatten H.** A randomised study of lidocaine and prilocaine for spinal anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;44:436-40.
  68. **Parlow JL, Money P, Chan PS, Raymond J, Milne B.** Addition of opioids alters the density and spread of intrathecal local anesthetics? An in vitro study. *Can J Anaesth* 1999;46:66-70.
  69. **Patterson L, Avery N, Chan P, Parlow JL.** The addition of fentanyl does not alter the extent of spread of intrathecal isobaric bupivacaine in clinical practice. *Can J Anaesth* 2001;48:768-72.
  70. **Pawlowski J, Sukhani R, Pappas AL et al.** The anesthetic and recovery profile of two doses (60 and 80 mg) of plain mepivacaine for ambulatory spinal anesthesia. *Anesth Analg* 2000;91:580-4.
  71. **Pitkanen M, Haapaniemi L, Tuominen M, Rosenberg PH.** Influence of age on spinal anaesthesia with isobaric 0.5% bupivacaine. *Br J Anaesth* 1984;56:279-84.
  72. **Pitkanen MT.** Body mass and spread of spinal anesthesia with bupivacaine. *Anesth Analg* 1987;66:127-31.
  73. **Povey HM, Jacobsen J, Westergaard-Nielsen J.** Subarachnoid analgesia with hyperbaric 0.5% bupivacaine: effect of a 60- min period of sitting. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989;33:295-7.
  74. **Racle JP, Benkhadra A, Poy JY, Gleizal B.** Spinal analgesia with hyperbaric bupivacaine: influence of age. *Br J Anaesth* 1988;60:508-14.
  75. **Richardson MG, Wissler RN.** Density of lumbar cerebrospinal fluid in pregnant and nonpregnant humans. *Anesthesiology* 1996;85:326-30.
  76. **Roussel JR, Heindel L.** Effects of intrathecal fentanyl on duration of bupivacaine spinal blockade for outpatient knee arthroscopy. *AANA J* 1999;67:337-43.
  77. **Russell IF.** The utility of using sharp pinprick (or cold) to assess spinal or epidural anesthesia for cesarean delivery. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:385-7.
  78. **Sakura S, Sumi M, Morimoto N, Yamamori Y, Saito Y.** Spinal anesthesia with tetracaine in 0.75% glucose: influence of the vertebral interspace used for injection. *Reg Anesth Pain Med* 1998;23:170-5.
  79. **Saravanan S, Robinson AP, Qayoum DA, Columb MO, Lyons GR.** Minimum dose of intrathecal diamorphine required to prevent intraoperative supplementation of spinal anaesthesia for Caesarean section. *Br J Anaesth* 2003;91:368-72.
  80. **Sarvela PJ, Halonen PM, Korttila KT.** Comparison of 9 mg of intrathecal plain and hyperbaric bupivacaine both with fentanyl for cesarean delivery. *Anesth Analg* 1999;89:1257-62.
  81. **Schiffer E, Van GE, Gamulin Z.** Influence of sex on cerebrospinal fluid density in adults. *Br J Anaesth* 1999; 83: 943-4.
  82. **Stienstra R, Gielen M, van Poorten F, Kroon JW.** Spinal anesthesia with plain bupivacaine 0.5%: regression of sensory and motor blockade with different temperatures of the anesthetic solution. *Anesth Analg* 1989;69:593-7.
  83. **Stienstra R, Van PF, Kroon JW.** Needle direction affects the sensory level of spinal anesthesia. *Anesth Analg* 1989;68:497-500.
  84. **Stienstra R, Veering BT.** Intrathecal drug spread: is it controllable? *Reg Anesth Pain Med* 1998;23:347-51.
  85. **Strebel S, Gurzeler JA, Schneider MC, Aeschbach A, Kindler CH.** Small-dose intrathecal clonidine and isobaric bupivacaine in humans: influence of volume and baricity of solutions. *Anesthesiology* 1999;91:1260-6.

► vacaine for orthopedic surgery: a dose-response study. *Anesth Analg* 2004;99:1231-8, table.

**86. Taivainen T, Tuominen M, Rosenberg PH.** Spread of spinal anaesthesia using various doses of plain 0.5% bupivacaine injected at the LIV-V interspace. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989; 33:652-5.

**87. Taivainen T, Tuominen M, Rosenberg PH.** Influence of obesity on the spread of spinal analgesia after injection of plain 0.5% bupivacaine at the L3-4 or L4-5 interspace. *Br J Anaesth* 1990;64:542-6.

**88. Taivainen TR, Tuominen MK, Kuulasmaa KA, Rosenberg PH.** A prospective study on reproducibility of the spread of spinal anaesthesia using plain 0.5% bupivacaine. *Reg Anesth* 1990; 15:12-4.

**89. Takiguchi T, Okano T, Egawa H, Okubo Y, Saito K, Kitajima T.** The effect of epidural saline injection on analgesic level during combined spinal and epidural anaesthesia assessed clinically and myelographically. *Anesth Analg* 1997;85:1097-100.

**90. Tarkkila PJ, Kaukinen S.** Complications during spinal anaesthesia: a prospective study. *Reg Anesth* 1991;16:101-6.

**91. Tsen LC, Schultz R, Martin R, Datta S, Bader AM.** Intrathecal low-dose bupivacaine versus lidocaine for in vitro fertilization procedures. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:52-6.

**92. Tuominen M, Kalso E, Rosenberg PH.** Effects of posture on the spread of spinal anaesthesia with isobaric 0.75% or 0.5% bupivacaine. *Br J Anaesth* 1982;54:313-8.

**93. Tuominen M, Taivainen T, Rosenberg PH.** Spread of spinal anaesthesia with plain 0.5% bupivacaine: influence of the vertebral interspace used for injection. *Br J Anaesth* 1989;62:358-61.

**94. Urmev WF, Stanton J, Bassin P, Sharrock NE.** The direction of the Whitacre needle aperture affects the extent and duration of isobaric spinal anaesthesia. *Anesth Analg* 1997;84:337-41.


**95. Van Zundert AA, Grouls RJ, Korsten HH, Lambert DH.** Spinal anaesthesia. Volume or concentration – what matters? *Reg Anesth* 1996;21:112-8.

**96. Veering BT, Burm AG, Spierdijk J.** Spinal anaesthesia with hyperbaric bupivacaine. Effects of age on neural blockade and pharmacokinetics. *Br J Anaesth* 1988;60:187-94.

**97. Veering BT, Burm AG, van Kleef JW, Hennis PJ, Spierdijk J.** Spinal anaesthesia with glucose-free bupivacaine: effects of age on neural blockade and pharmacokinetics. *Anesth Analg* 1987;66:965-70.

**98. Veering BT, Ter Riet PM, Burm AG, Stienstra R, van Kleef JW.** Spinal anaesthesia with 0.5% hyperbaric bupivacaine in elderly patients: effect of site of injection on spread of analgesia. *Br J Anaesth* 1996;77:343-6.

**99. Vicent O, Litz RJ, Hubler M, Koch T.** [Secondary cranial extension after spinal anaesthesia with isobaric 0.5% bupivacaine following postural change]. *Anaesthesist* 2003;52:1035-8.



**ANTWORTEN CME**

**3 | 07** HEFT 03/2007

Frage 1: <b>c</b>	Frage 6: <b>b</b>
Frage 2: <b>c</b>	Frage 7: <b>c</b>
Frage 3: <b>a</b>	Frage 8: <b>e</b>
Frage 4: <b>d</b>	Frage 9: <b>c</b>
Frage 5: <b>a</b>	Frage 10: <b>d</b>

**100. Zayas VM, Liguori GA, Chisholm MF, Susman MH, Gordon MA.** Dose response relationships for isobaric spinal mepivacaine using the combined spinal epidural technique. *Anesth Analg* 1999;89:1167-71.

#### Korrespondenzadresse:

Dr. med. Rainer J. Litz  
 Klinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie  
 Universitätsklinikum Carl Gustav Carus  
 an der Technischen Universität Dresden  
 Fetscherstraße 74  
 01307 Dresden  
 Deutschland  
 Tel.: +49 351 458 6785/6  
 Fax: +49 351 458 6363  
 Email: rainer.litz@uniklinikum-dresden.de

### WICHTIGE MITTEILUNG - WICHTIGE MITTEILUNG - WICHTIGE MITTEILUNG

Die CME-Teilnahmebescheinigungen von **2001** bis einschließlich **März 2007** erhalten Sie als downloadbare PDF-Dateien nur in Ihrem CME-Zugang unter dem bisherigen CME-Portal „[cme.anaesthesisten.de](http://cme.anaesthesisten.de)“ der DAAF. Rückfragen bei Unstimmigkeiten richten Sie bitte vorzugsweise per E-Mail an [quizmaster@anaesthesisten.de](mailto:quizmaster@anaesthesisten.de)

Dieses Portal wird zum **30.09.2007** geschlossen. Die Bescheinigungen über die unter diesem Portal erworbenen CME-Punkte werden danach nicht mehr downloadbar zur Verfügung stehen. Überprüfen Sie daher bitte rechtzeitig, ob Ihnen alle Bescheinigungen über die bisher erworbenen A&I-Fortbildungspunkte vorliegen.

## MULTIPLE-CHOICE-FRAGEN (CME 7/8/2007)

1. **Welche Aussage ist richtig? Lokalanästhetika mit nahezu isobarem Verhalten sind:**
  - a) Bupivacain und Levobupivacain
  - b) Ropivacain und Bupivacain
  - c) Lidocain und Prilocain
  - d) Mepivacain und Articain
  - e) Alle genannten Lokalanästhetika verhalten sich bei Körpertemperatur isobar
2. **Welche Aussage ist richtig? Determinanten der Ausbreitung von Lokalanästhetika im Liquor sind:**
  - a) lumbosakrales Liquorvolumen
  - b) Liquordichte
  - c) Barizität
  - d) Schwangerschaft
  - e) a-d ist richtig
3. **Welche Aussage ist richtig? Die Ausbreitung des Lokalanästhetikums im Liquor wird in erster Linie bestimmt von:**
  - a) Dosis des Lokalanästhetikums
  - b) Konzentration des Lokalanästhetikums
  - c) Volumen des Lokalanästhetikums
  - d) Barbotage
  - e) Ausrichtung des Kanülenschliffes der Punktionskanüle
4. **Welche Aussage ist richtig? Die Erhöhung der Barizität von Lokalanästhetika wird vor allem erreicht durch**
  - a) Erhöhung der Konzentration (z.B. Scandicain 4%)
  - b) Zusatz von Glucose
  - c) Zusatz von Opiaten (Fentanyl, Morphin, Sufentanil)
  - d) Zusatz von Salzsäure
  - e) Zusatz von Natriumhydroxid
5. **Welche Aussage ist falsch?**
  - a) Adjuvantien wie Opiode oder Clonidin erleichtern die Steuerbarkeit einer Spinalanästhesie nicht.
  - b) Adjuvantien wie Opiode oder Clonidin verlängern die Dauer von motorischer und sensorischer Blockade einer Spinalanästhesie.
  - c) Clonidin kann die Wirkdauer einer SPA auch bei oraler Gabe verlängern.
  - d) Clonidin hat bis zu einer Dosis von 150 µg praktisch keine Nebenwirkungen bei subarachnoidaler Injektion.
  - e) Adjuvantien wie Opiode oder Clonidin verlängern die Dauer der postoperativen Analgesie.
6. **Welche Lagerungszeiten sind erforderlich, um bei einer unilateralen Spinalanästhesie mit hyperbarem Bupivacain eine streng einseitige Ausbreitung zu erzielen?**
  - a) 5 min
  - b) 10 min
  - c) 15 min
  - d) 20 min
  - e) Eine Umverteilung des Lokalanästhetikums tritt auch nach 20 min noch auf.
7. **Welche Aussage zur Fixierung von Lokalanästhetika bei einer Spinalanaesthesia ist richtig?**
  - a) Hyperbares Lidocain ist innerhalb von 20 min nach subarachnoidaler Applikation an neuralen Geweben fixiert.
  - b) Die maximale Blockadeausbreitung einer Spinalanästhesie mit isobarem Bupivacain kann durch Lagerungswechsel nicht beeinflusst werden.
  - c) Die maximale Blockadeausbreitung einer Spinalanästhesie mit hyperbarem Bupivacain kann nur innerhalb 20 min nach Lokalanästhetikumapplikation durch Lagerungswechsel beeinflusst werden.
  - d) Lagerungswechsel können sowohl nach Applikation hyperbarer wie auch isobarer Lokalanästhetika zu einer sekundären Zunahme der Blockadehöhe führen.
  - e) Lagerungswechsel führen nur nach Verwendung hyperbarer Lokalanästhetika zu einer Änderung der Blockadehöhe.
8. **Welche Aussage ist richtig?**
  - a) Die lumbale Punktions nach Orientierung an der Tuffier'schen (intercrystalen) Linie zeigt in über 80% der Fälle eine gute Korrelation zwischen beabsichtigter und tatsächlicher Punktionshöhe.
  - b) Die Punktions nach Orientierung an der Tuffier'schen (intercrystalen) Linie führt in über 50% der Fälle zu einer Abweichung der tatsächlichen von der beabsichtigten Punktionshöhe.
  - c) Schnelle Injektion (10 s) von isobarem Bupivacain führt zu einer deutlich höheren Ausbreitung der sensorischen Blockade.
  - d) Die Verwendung von Sprotte- oder Whitacre-Punktionskanülen erlaubt bei Verwendung isobarer Lokalanästhetika eine genauere Steuerung der Blockadeausbreitung.
  - e) Langsame Injektion von hyperbarem Bupivacain führt zu einer zuverlässigen Begrenzung der Blockadehöhe.
9. **Welche Aussage zu hämodynamischen Komplikationen unter Spinalanästhesie ist richtig?**
  - a) Plötzliche asystole Kreislaufstillstände sind meistens die Folge versehentlicher intravasaler Injektion.
  - b) Asystole Kreislaufstillstände treten immer nach vorhergehender Bradykardie auf.
  - c) Plötzliche asystole Kreislaufstillstände können nach über 60 min ohne Vorwarnung auftreten.
  - d) Schwere Bradykardien und asystole Kreislaufstillstände treten nur bei Blockade der Nn. accelerantes auf (hohe Spinalanästhesie).
  - e) Schwere Bradykardien oder plötzliche asystole Kreislaufstillstände treten vor allem bei Patienten mit perioperativer β-Blockade auf.
10. **Welche Aussage ist richtig?**
  - a) Bei Patienten mit hohem Body-Mass-Index (BMI) ist die maximale Ausbreitung der sensorischen Blockade einfacher zu kalkulieren als bei niedrigem BMI.
  - b) Das lumbosakrale Liquorvolumen lässt sich anhand des Body-Mass-Index gut abschätzen
  - c) Die zum Erreichen einer beabsichtigten sensorischen Blockadehöhe erforderliche Lokalanästhetikadosis lässt sich bei Erwachsenen anhand einer Körpergrößentabelle zuverlässig kalkulieren.
  - d) Die Länge der Wirbelsäule korreliert gut mit der Körpergröße
  - e) Das lumbosakrale Liquorvolumen lässt sich anhand äußerer Patientenmerkmale im Vorfeld einer Spinalanästhesie kaum abschätzen.