

Leseprobe

# Larsen

Unter Mitarbeit von Thorsten Annecke und Tobias Fink

# Anästhesie

11. Auflage

ELSEVIER

Urban & Fischer

# Inhaltsverzeichnis

I	Pharmakologische und physiologische Grundlagen	1	25	Lagerung des Patienten zur Operation	555
1	Narkosetheorien und Wirkmechanismen von Anästhetika	3	26	Überwachung und Monitoring	563
2	Pharmakokinetik für Anästhesisten	9	27	Perioperative Flüssigkeits- und Elektrolyttherapie	621
3	Inhalationsanästhetika	17	28	Hämotherapie	641
4	Intravenöse Anästhetika, Benzodiazepine und Neuroleptika	45	29	Aufwachraum	673
5	Opioide	67	30	Schmerztherapie	687
6	Totale intravenöse Anästhesie (TIVA)	85	31	Narkosekomplikationen und Narkosezwischenfälle	723
7	Muskelrelaxanzien	91	32	Schock und Anästhesie	737
8	Lokalanästhetika	121	33	Kardiopulmonale Reanimation	749
9	Kardiovaskuläre Medikamente	149	III	Spezielle Anästhesie	793
10	Herzfunktion	167	34	Ambulante Anästhesie	795
11	Physiologie der Atmung	179	35	Geburtshilfe	805
12	Blutgase	207	36	Erstversorgung des Neugeborenen	865
13	Säure-Basen-Haushalt	217	37	Anästhesie bei Kindern	875
14	Blutgerinnung und Anästhesie	229	38	Anästhesie bei geriatrischen Patienten	923
II	Klinische Anästhesie	247	39	Neurochirurgie	933
15	Präoperative Einschätzung und Vorbereitung, Wahl des Anästhesieverfahrens	249	40	Augenheilkunde	983
16	Vorgehen bei Begleiterkrankungen	271	41	Zahn-, Mund- und Kieferchirurgie	991
17	Präoperative Dauermedikation	351	42	Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde	995
18	Prämedikation	359	43	Thoraxchirurgie	1005
19	Narkosesysteme und Narkosebeatmung	371	44	Herzchirurgie	1025
20	Vorbereitung und Durchführung von Allgemeinanästhesien	391	45	Gefäßchirurgie	1069
21	Endotracheale Intubation, Larynxmaske und Larynxtubus	405	46	Abdominalchirurgie	1087
22	Spinalanästhesie	455	47	Urologie	1107
23	Periduralanästhesie	487	48	Gynäkologie	1117
24	Periphere Nervenblockaden	513	49	Orthopädie	1123
			50	Traumatologie	1133
			Register		1163

**Mepivacain** Mepivacain (Meaverin, Scandicain) weist ähnliche Eigenschaften auf wie Lidocain, die Wirkdauer ist jedoch etwas länger.

**Prilocain** Wenn die Höchstdosis von 600 mg nicht überschritten wird, ist Prilocain das am wenigsten toxische Amid. Die Substanz führt zu einer ausgeprägten sensorischen Blockade bei minimaler motorischer Blockade und ist besonders für kurze Eingriffe geeignet. In der Geburtshilfe darf Prilocain nicht eingesetzt werden (➤ Kap. 35).

**Bupivacain** Die Substanz gehört zu den lang wirkenden Amiden. Für eine gute Operationsanästhesie sind Konzentrationen zwischen 0,5 und 0,75 % erforderlich. Die Wirkung tritt langsamer ein als bei Lidocain; die kaudale Ausbreitung verläuft bei lumbaler Injektion ähnlich: Nicht selten sind die Segmente L5 und S1 unzureichend geblockt.

**Levobupivacain** ➤ Kap. 8.

**Ropivacain** Die Substanz gehört zu den lang wirkenden Lokalanästhetika. Die pharmakokinetischen Eigenschaften entsprechen weitgehend denen von Bupivacain, pharmakodynamisch bestehen Unterschiede in der Kardiotoxizität: Im Tierexperiment ist Ropivacain deutlich weniger kardiotoxisch als Bupivacain. Wie Bupivacain bewirkt auch Ropivacain eine Differentialblockade; ob hierin ebenfalls, wie von einigen Autoren behauptet, günstige Unterschiede zu Bupivacain bestehen, ist derzeit nicht hinreichend geklärt. Für die Periduralanästhesie werden Konzentrationen von 0,5–1 % angewandt, für die Periduralanalgesie 0,2 %. Die Wirkdauer entspricht im Wesentlichen der von Bupivacain und wird durch Adrenalinzusatz nicht verlängert.

## Anästhesieablauf

Der Anästhesieablauf ist bei allen Substanzen gleich: Beginn der analgetischen Wirkung gegenüber Nadelstichen am Injektionsort nach etwa 5–10 min, dann Ausbreitung der Anästhesie nach oben und unten; nach 20–30 min ist die maximale Ausbreitung erreicht. In diesem Gebiet hält die Anästhesie mit **Lidocain und Mepivacain** etwa 1–1,5 h und mit der Initialdosis von **Bupivacain** 2–3 h an.

Die Aufhebung der Blockade verläuft mit **Lidocain und Mepivacain** innerhalb von 15–30 min, wobei die Analgesie in den zuerst geblockten Segmenten am längsten anhält. Bei **Bupivacain** verschwindet die Operationsanästhesie zwar nach 2–3 h, eine Restanästhesie kann aber in den Nachbarsegmenten des Injektionsorts noch länger bestehen bleiben.

Einseitige Periduralanästhesien sind mit keinem Lokalanästhetikum zu erreichen, auch nicht durch Lagerungsmaßnahmen; sie treten jedoch gelegentlich, zum Ärger des Anästhesisten, spontan auf. Mit **Bupivacain** ist nicht selten die Anästhesie im Unterschenkel- und Fußbereich unzureichend, wahrscheinlich weil die Substanz schlecht in die großen Wurzeln von L5 und S1 eindringt.

## 23.6.6 Präoperative Maßnahmen

Die präoperativen Maßnahmen umfassen:

- Erhebung der Vorgeschichte
- Körperliche Untersuchung
- Laborwerte
- Aufklärendes Gespräch
- Prämedikation

Grundsätzlich entspricht das Vorgehen dem für die Allgemeinnarkose und die Spinalanästhesie. Einzelheiten sind in den entsprechenden Kapiteln dargestellt.

## 23.6.7 Durchführung der Periduralanästhesie

### Vorbereitungen

Die Vorbereitungen für eine Periduralanästhesie entsprechen weitgehend denen der Spinalanästhesie, sodass wegen der Einzelheiten auf ➤ Kap. 22.5 verwiesen wird.

### Lagerung des Patienten

Grundsätzlich wird die Lagerung für die Punktion des Periduralraums und das Einführen eines Periduralkatheters wie bei der Spinalanästhesie durchgeführt. Die Punktion kann in **sitzender Position** oder in **Seitenlage** des Patienten erfolgen. Praktisch sollte Folgendes beachtet werden:

- Zwar ist der Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lokalanästhetikums im Periduralraum gering, die Blockade des **Segments S1** soll jedoch durch die *sitzende* Position begünstigt werden.
- Bei adipösen Patienten lässt sich der Periduralraum in sitzender Position leichter punktieren.
- Bei Patienten mit Neigung zu Blutdruckabfall, Schwindel oder starker Prämedikation sollte in Seitenlage punktiert werden.
- Die Punktion mit nachfolgender Injektion des Lokalanästhetikums bei **L5/S1** soll die besonders für Knie- und Knöcheloperationen erforderliche Blockade von S1 begünstigen. Sie ist jedoch schwierig und darum dem Geübten vorbehalten.

### Auffinden des Periduralraums

Das Auffinden des Periduralraums ist der schwierigste Teil der Periduralanästhesie. Hierzu werden, je nach persönlicher Bevorzugung, vor allem zwei Techniken eingesetzt: die Widerstandsverlust-Technik und alternativ die Technik des hängenden Tropfens. Bei beiden Verfahren sollte der **mediale Zugang** (➤ Abb. 23.7) gewählt werden, weil er einfacher durchzuführen ist.

**Widerstandsverlust-Technik („loss of resistance“)** Diese Technik orientiert sich an den verschiedenen Widerständen, die sich dem Vorschieben der Periduralnadel auf dem Weg zum Periduralraum entgegensetzen. Hierbei ist der Widerstand im **Lig. flavum** am größten; nachdem die Nadelspitze das Band durchstoßen hat, tritt ein **plötzlicher Widerstandsverlust** auf: Der Periduralraum ist

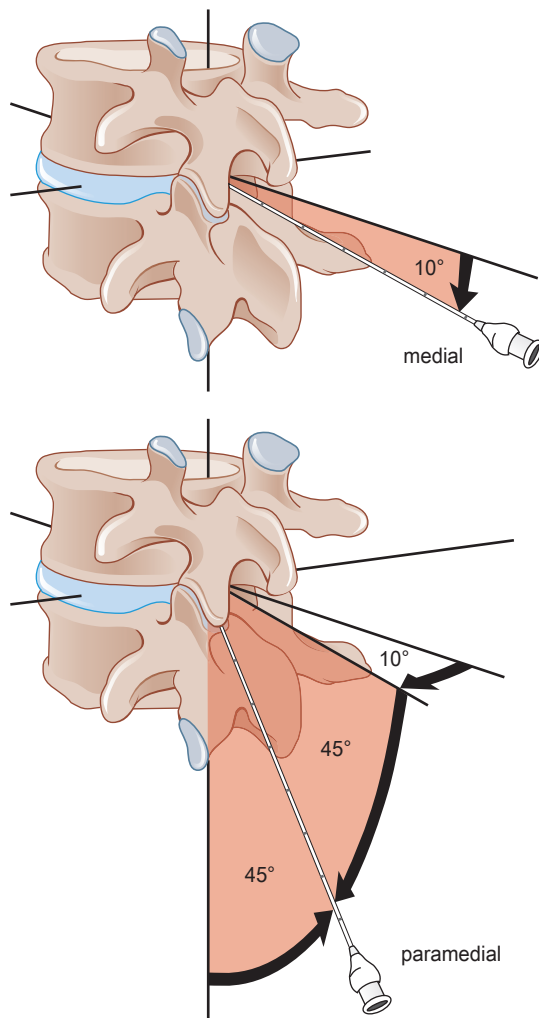


Abb. 23.7 Medialer und paramedialer (seitlicher) Zugang zum Periduralraum.

erreicht. Der Widerstandsverlust kann jedoch mit der Nadelspitze allein nicht gefühlt werden. Hierzu muss vielmehr eine flüssigkeitsgefüllte Spritze auf die Kanüle gesetzt und unter ständigem Druck auf den Spritzenstempel vorgeschoben werden. Die verwendete Spritze muss leichtgängig sein und darf keinesfalls klemmen (vorher überprüfen!), weil sonst die Gefahr der versehentlichen Duraperforation erheblich vergrößert wird. Hierfür am besten geeignet, aber nicht mehr gebräuchlich sind fein geschliffene Glas-spritzen. Zur Punktion werden heutzutage hauptsächlich (billigere) Kunststoffspritzen verwendet, bei denen der Stempel durch einen silikonisierten Gummiüberzug leichtgängig gemacht wurde; eine solche Spritze ist z. B. die Omnifix (B. Braun Melsungen).

#### Praktisches Vorgehen bei der Punktion

- Nach Abschluss der Lagerung wird die Einstichstelle markiert; 3 × groß-flächige Desinfektion des Punktionsgebiets durch den mit sterilen Handschuhen (vorher hygienische Händedesinfektion!), Mundschutz, Kopfbedeckung und sterilem Kittel versehenen Anästhesisten. Einwirkzeit des Desinfektionsmittels beachten (bis zu 10 min).

- Danach die Lokalanästhetika aufziehen und Desinfektionsmittelreste vom Rücken des Patienten abwischen.
- Anlegen einer Hautquaddel und interspinale Infiltration.
- Dann die Tuohy-Nadel zusammen mit dem Mandrin von der Mitte des Zwischenwirbels in das Lig. interspinale vorschieben; das Band ist häufig als „knirschender“ Widerstand zu spüren; außerdem erlangt die Kanüle im Band einen relativ festen Sitz.
- Nach Erreichen des Lig. interspinale und Vorschieben bis in die Nähe des Lig. flavum Mandrin entfernen und eine mit Kochsalz gefüllte Spritze dicht schließend auf die Kanüle setzen.
- Nun die Kanüle, wie in > Abb. 23.8a gezeigt, mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand ergreifen, wobei der Handrücken des Anästhesisten sich am Rücken des Patienten abstützt. Die rechte Hand ergreift zwischen Zeige- und Mittelfinger die Spritze, während der Daumen auf den Stempel der Spritze drückt.
- Kanüle und Spritze jetzt **unter ständigem Druck auf den Spritzenstempel** in Richtung Periduralraum vorschieben. Hierbei ist ein straffer Widerstand gegen die Injektion der Kochsalzlösung im Lig. interspinale zu verspüren. Dieser Widerstand nimmt bei Erreichen des mehrere Millimeter dicken Lig. flavum weiter zu.
- Nach Durchstechen des Lig. flavum **gibt der Spritzenstempel schlagartig nach**, und die Kochsalzlösung lässt sich leicht („butterweich“) injizieren (> Abb. 23.8b): Der Periduralraum ist erreicht; das Vorschieben der Nadel sofort unterbrechen! Manchmal ist der Widerstandsverlust allerdings kaum zu spüren; der Patient gibt jedoch zu-meist bei der Kochsalzinjektion ein Druckgefühl (bzw. Duradehnungs-schmerz) an, wenn die Nadelspitze im Periduralraum liegt.
- Jetzt die Spritze entfernen, das Kanülenende zwischen beiden Daumen und beiden Zeigefingern ergreifen und die Kanüle insgesamt noch etwa 1–2 mm im Periduralraum vorschieben. Die Handkanten stützen sich hierbei auf dem Rücken des Patienten ab.

Bei der Punktion des Periduralraums im mittleren Thoraxbereich oder bei Punktionsschwierigkeiten im lumbalen Bereich wird auch der **paramediale (seitliche) Zugang** (> Abb. 23.7) gewählt. Für den seitlichen Zugang ist die **Crawford-Nadel** besonders geeignet, es kann jedoch auch mit der Tuohy-Nadel punktiert werden.

#### Praktisches Vorgehen

- Periduralnadel etwa 1–2 cm seitlich von den Dornfortsätzen im Zwischenwirbelspace einführen und von lateral vorschieben, bis sie in etwa 4–6 cm Tiefe den Wirbelbogen erreicht.
- Danach Nadel nach kranial und medial vom Bogen weg vorschieben, bis der knöcherne von einem „lederartigen“ Widerstand abgelöst wird.
- Jetzt den Mandrin entfernen und eine mit Kochsalz gefüllte Spritze dicht schließend aufsetzen.
- Anschließend das gesamte System unter ständigem Druck auf den Spritzenstempel **sehr langsam** durch das Lig. flavum vorschieben. Schlagartiger Widerstandsverlust zeigt das Erreichen des Periduralraums an!

**Infusionsmethode** Dies ist eine wenig gebräuchliche Technik. Hierbei wird die Kanüle zunächst durch das Lig. supraspinale vorgeschoben, danach eine Elektrolytinfusion angeschlossen und nun die Kanüle bei geöffnetem Infusionssystem langsam durch das Lig. interspinale und das Lig. flavum geführt. Die Infusion beginnt mit Erreichen des Periduralraums zu laufen. Anschließend können noch 3–5 ml Luft rasch in den Periduralraum injiziert werden, um den Reflux des Luft-Flüssigkeits-Gemischs auszulösen.



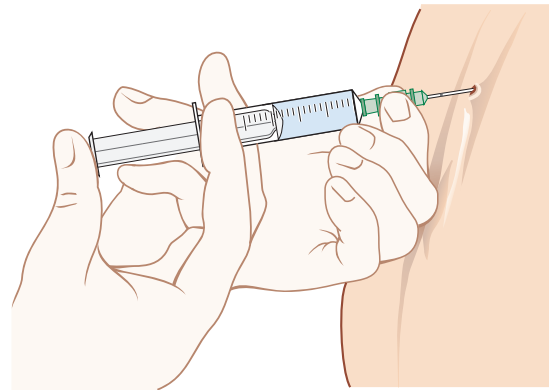
### Praktisches Vorgehen

- ▶ Zunächst (Flügel-)Kanüle bis in **unmittelbare Nähe** des Lig. flavum vorschieben.
- ▶ Danach den Mandrin entfernen und 1 Tropfen Kochsalzlösung an den Ansatz der Punktionskanüle hängen.
- ▶ Nun die (Flügel-)Kanüle mit beiden Händen vorsichtig, ohne zu zittern, durch das Lig. flavum vorschieben, bevorzugt während der Inspiration, weil dann der negative Druck im Periduralraum am größten ist.
- ▶ Sobald die Kanülenspitze in den Periduralraum eindringt, den Tropfen in die Kanüle saugen.
- ▶ Wurde beim Vorschieben nicht der Periduralraum erreicht, sondern Knochenkontakt hergestellt, muss Mandrin erneut eingeführt und die Richtung der Kanüle geändert werden.

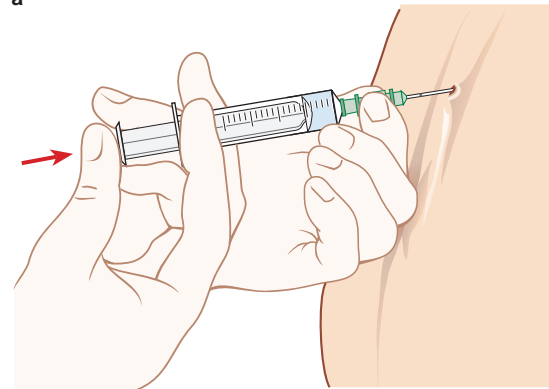
**Technik des hängenden Tropfens** Diese Technik bedient sich des negativen Drucks im Periduralraum.

Der wesentliche **Nachteil** der Technik des hängenden Tropfens besteht darin, dass nur mit einem optischen Hilfsmittel gearbeitet wird, während bei der Widerstandsverlust-Technik die verschiedenen Widerstände, mit etwas Übung, leicht verspürt werden können. Für die beschriebenen Techniken gilt folgendes gemeinsame Vorgehen:

- ▶ Treten beim Vorschieben der Periduralnadel **Parästhesien oder Muskelzuckungen** (Berührung einer Nervenwurzel!) auf, muss die Nadel sofort zurückgezogen und mit veränderter Richtung erneut eingeführt werden. Das gilt auch, wenn bei der Punktion ein erheblicher Widerstand zu verspüren ist.
- ▶ **Einseitige Parästhesien** ergeben Hinweise auf die Seite, zu der die Nadel abgewichen ist. Beim erneuten Vorschieben muss die Richtung entsprechend mehr zur anderen Seite hin korrigiert werden.
- ▶ Wird beim Vorschieben **kein Widerstand** im Lig. interspinale verspürt, so muss die Nadel ebenfalls in anderer Richtung vorgeschoben werden.
- ▶ Tropft **Blut** aus der Kanüle, so wurde eine Periduralvene kanüliert. Dann muss die Lage der Kanülenspitze entsprechend verändert werden, bis kein Blut mehr austritt und auch nicht aspiriert werden kann.
- ▶ Tropft **klare Flüssigkeit** aus der Kanüle, so handelt es sich hierbei um Kochsalzlösung, Lokalanästhetikum oder Liquor. Zur Überprüfung lässt der Anästhesist einige Tropfen auf seinen Handrücken fallen: **Liquor ist warm!** Alternativ kann die Glukose bestimmt werden. Sie entspricht bei Liquor mehr als der Hälfte der Blutglukose. Dann wird entweder eine **Spinalanästhesie** durchgeführt oder der Periduralraum über einen anderen Zwischenraum punktiert.
- ▶ Liegt die Kanüle vermutlich sicher im Periduralraum, so wird nach vorsichtiger Aspiration eine **Testdosis von 3–5 ml Lokalanästhetikum** injiziert, um zu überprüfen, ob die Nadel nicht doch versehentlich in den Subarachnoidalraum gelangt ist. Befindet sich die Nadel im Subarachnoidalraum, so tritt meist innerhalb weniger Minuten ein **Wärme- und Taubheitsgefühl** in den unteren Extremitäten auf.
- ▶ Verläuft der Test negativ, d. h., sind keine Anzeichen einer Spinalanästhesie nachweisbar, wird das restliche Lokalanästhetikum injiziert.



a



b

Abb. 23.8 Auffinden des Periduralraums mit der Widerstandsverlust-Technik.

### Einzelinjektionstechnik („Single-Shot“)

Bei dieser Technik wird das Lokalanästhetikum wenige Minuten nach der Testdosis mit einer Geschwindigkeit von etwa **0,5 ml/s**, unter wiederholter Aspiration, zur Hälfte in den Periduralraum injiziert. Danach wird die Spritze abgekoppelt und überprüft, ob Liquor zurückfließt; wenn nicht, kann das restliche Lokalanästhetikum injiziert werden.

Die einschließlich der Testdosis zu injizierende **Gesamtdosis** des Lokalanästhetikums richtet sich nach der **Anzahl der zu blockierenden Segmente**. *Beispiel:* Für eine transurethrale Prostataresektion mit Blasendehnung ist eine Anästhesieausbreitung bis Th10 erforderlich; das sind insgesamt 13 Segmente (5 sakrale, 5 lumbale und 3 thorakale). Bei einer Dosis von 1,6 ml/Segment ergibt sich eine Gesamtdosis von 21 ml.

Der größte **Nachteil** der Einzelinjektionstechnik besteht darin, dass ihre Wirkdauer nach Injektion des Lokalanästhetikums bzw. intraoperativ nicht mehr beeinflusst werden kann. Dauert die Operation wider Erwarten länger, als die Wirkung des Lokalanästhetikums anhält, so muss gewöhnlich auf eine Allgemeinanästhesie übergegangen werden. Als Ausweg aus diesem klinisch nicht seltenen Dilemma wurde die kontinuierliche Katheter-Periduralanästhesie entwickelt.

### Praxistipp

Zu beachten ist jedoch, dass auch bei negativem Testverlauf eine versehentliche subarachnoidale Injektion des Lokalanästhetikums möglich ist. ■■

## Kontinuierliche Periduralanästhesie

Die kontinuierliche Periduralanästhesie ermöglicht eine fortlaufende Steuerung der Anästhesiedauer und -ausbreitung. Sie wird daher vor allem bei **lang dauernden Operationen**, zur **postoperativen Schmerzbehandlung** und zur **geburtshilflichen Anästhesie** eingesetzt. Hierzu wird nach der Punktion des Periduralraums ein 20-G-Kunststoffkatheter durch die Periduralnadel etwa 3–5 cm weit in den Periduralraum vorgeschoben und anschließend auf der Haut fixiert. Die Nachinjektionen oder kontinuierliche Zufuhr des Lokalanästhetikums erfolgen über den Katheter.

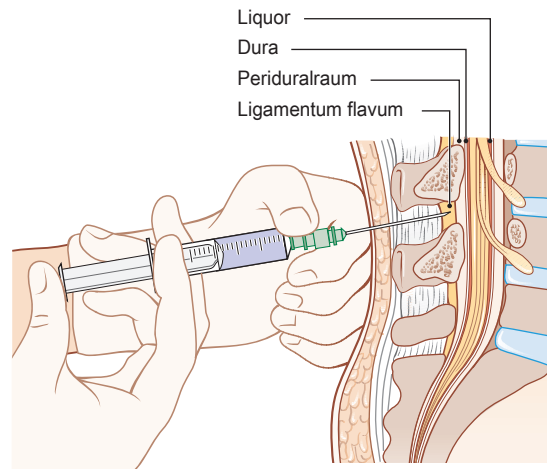
**Einführen des Periduralkatheters** Beim Einführen des Katheters sind einige Besonderheiten zu beachten, um eine optimale Anästhesiequalität zu erreichen (➤ Abb. 23.9).

- ▶ Zunächst den Periduralraum mit einer der üblichen Techniken punktieren. Dann die Kanülenspitze noch 1–2 mm in den Periduralraum vorschieben, um das Einführen des Katheters in den Periduralraum zu erleichtern. Sobald der Katheter die Spitze der Tuohy-Kanüle erreicht hat, ist ein Widerstand zu spüren, der bei vollständiger Lage der Kanülenspitze im Periduralraum jedoch meist leicht überwunden werden kann.
- ▶ Lässt sich der Katheter nicht vorschieben, liegt die Kanülenspitze sehr wahrscheinlich nicht im Periduralraum. Dann sollte die Kanüle zusammen mit dem Katheter zurückgezogen und erneut eingeführt werden.

### CAVE

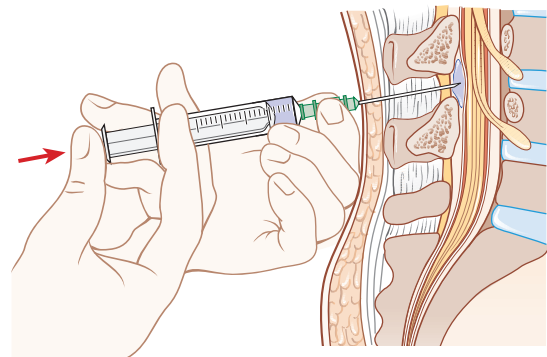
Niemals einen Periduralkatheter durch die Kanüle zurückziehen, da hierbei die Gefahr des Abschneidens besteht!

- ▶ Kanülenöffnung nach oben oder unten drehen und Katheter *ohne Mandrin* zunächst ca. 15 cm in den Periduralraum vorschieben, dann Kanüle entfernen, dabei den Katheter gegenstopfen, um ein Mitherausziehen zu vermeiden. Schließlich den Katheter so weit herausziehen, dass seine Spitze sich etwa 3–5 cm im Periduralraum befindet. Ein zu weites Vorschieben führt leicht zum Abknicken oder Aufrollen des Katheters und sollte daher vermieden werden.
- ▶ Treten beim Vorschieben des Katheters **Parästhesien** (Hinterwurzel) oder **Muskelzuckungen** (Vorderwurzel) auf, muss die Richtung geändert oder das ganze System herausgezogen und neu platziert werden.
- ▶ Tritt Blut oder Liquor aus dem Katheter aus, muss er zurückgezogen oder – wenn erfolglos – das System vollständig herausgezogen und neu eingeführt werden.
- ▶ Bei Verwendung von Kathetern *mit Mandrin* Katheter zunächst locker um die linke Hand wickeln, dann den Katheter behutsam durch die Tuohy-Nadel (Öffnung der Spitze nach oben oder unten) wenige Zentimeter vorschieben, dann den *Mandrin* um die gleiche Anzahl von Zentimetern zurückziehen. Vorgang so lange wiederholen, bis der Katheter ca. 15 cm im Periduralraum liegt. Dann die Kanüle vollständig herausziehen, dabei den Katheter gegenstopfen, damit er nicht mit herausgezogen wird. Anschließend Katheter so weit zurückziehen, dass seine Spitze 3–5 cm tief im Periduralraum liegt.
- ▶ Katheter zunächst mit einer leichten Schlinge nach unten führen und mit Strips fixieren, dann über eine Schulterseite nach oben ableiten und insgesamt verkleben, z. B. mit sterilem, atmungsaktivem Folienverband. Bakterienfilter auf das proximale Katheterende setzen und – nach Aspiration – Testdosis injizieren.



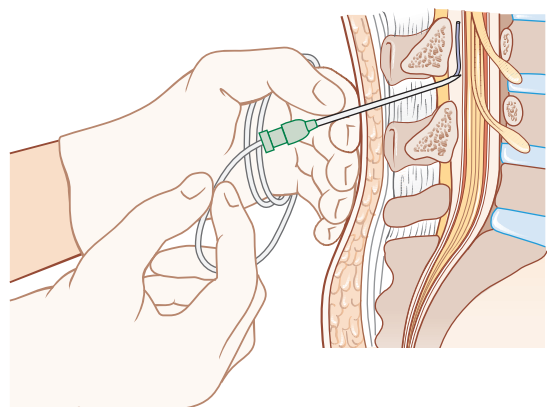
Hoher Widerstand beim Druck auf den Stempel

a



Plötzlicher Widerstandsverlust beim Eindringen der Nadel in den Periduralraum

b



c

**Abb. 23.9** Einführen eines Katheters zur kontinuierlichen Periduralanästhesie in den lumbalen Periduralraum.

## Injektion des Lokalanästhetikums

Die *Initialdosis* kann über die Periduralnadel oder durch den Katheter injiziert werden. Bei nicht zu langen Eingriffen ist die Injektion über die Kanüle – unter wiederholter Aspiration – zu empfeh-

len, weil mit dieser Technik eine unzureichende Anästhesie oder vollständige Versager weniger häufig auftreten als bei der Injektion durch den Katheter.

Wird das Lokalanästhetikum durch den Katheter injiziert, so muss zunächst aspiriert und dann, bei negativem Ergebnis, eine **Testdosis** von 3–4 ml zugeführt werden. Danach wird etwa 5 min abgewartet; währenddessen werden Herzfrequenz, Blutdruck, Sensibilität und Motorik überprüft. Sind keine Anzeichen einer subarachnoidalen Blockade vorhanden, so kann – nach vorheriger Aspiration – das restliche Lokalanästhetikum injiziert werden. Aber:

### CAVE

Trotz „negativer“ Testdosis kann es zum Auftreten totaler Spinalanästhesien oder schwerwiegender toxischer Reaktionen kommen.

**Nachinjektionen von Lokalanästhetika** Das Lokalanästhetikum kann intermittierend als Bolus oder kontinuierlich über einen Perfusor zugeführt werden. Beim wachen und kooperativen Patienten kann die Blockade relativ einfach überprüft und danach entsprechend erneuert bzw. aufrechterhalten werden. Ist der Patient hingegen anästhesiert, so müssen klinische Erfahrungswerte für die Nachinjektionen eingesetzt werden, weil das frühe Nachlassen der Anästhesie nicht überprüft werden kann.

Intermittierende Nachinjektionen müssen rechtzeitig, d. h. vor dem vollständigen Abklingen der Anästhesie, erfolgen, um eine **Tachyphylaxie** zu vermeiden. Hierbei gelten für die einzelnen Lokalanästhetika folgende **Anhaltswerte für Nachinjektionen**:

- Lidocain, Prilocain und Mepivacain: nach 60 min
- Bupivacain, Levobupivacain und Ropivacain: nach 120 min

Es muss jedoch beachtet werden, dass durch häufige Nachinjektionen die Gefahr der Toxizität erhöht wird. In der Praxis sollten darum das länger wirkende und weniger oft nachzuinjizierende **Bupivacain** oder **Ropivacain** bei der kontinuierlichen Periduralanästhesie bevorzugt werden.

Die **Dosis für Nachinjektionen** umfasst für alle Lokalanästhetika jeweils etwa die Hälfte der Ausgangsdosis; für **Bupivacain** wird empfohlen, eine Gesamtdosis von 2 mg/kg KG innerhalb einer 4-h-Periode nicht zu überschreiten. War die initiale Anästhesieausbreitung zu hoch, sollte mit der Nachinjektion längere Zeit gewartet und außerdem die Nachinjektionsdosis reduziert werden. Im Anschluss an die Nachinjektion bleibt der Patient für etwa 30 min auf dem Rücken liegen und wird während dieser Zeit sorgfältig überwacht. Wegen der beschriebenen Komplikationsmöglichkeiten sollten Nachinjektionen nur durch entsprechend ausgebildetes Personal durchgeführt werden.

Bei **kontinuierlicher Zufuhr von Lokalanästhetika** über einen Perfusor ist die Gefahr einer Tachyphylaxie geringer als bei einer intermittierenden Nachinjektion. Mit der kontinuierlichen Zufuhr sollte direkt nach Anlage des Periduralkatheters begonnen werden.

### Perfusormischung

Beispielsweise Ropivacain 0,2 % oder Bupivacain 0,125 %  
Lauftrate 4–8 ml/h, mit oder ohne Zusatz eines Opioids (z. B. Sufentanil 0,5 µg/ml)

Da der Katheter selbst bei anfangs einwandfreier Lage im Periduralraum später die Dura oder ein Blutgefäß perforieren kann, gilt für alle Nachinjektionen grundsätzlich Folgendes:

### Praxistipp

Vor jeder Nachinjektion des Lokalanästhetikums über den Periduralkatheter muss, nach vorangehender Aspiration, zunächst eine Testdosis von 3–4 ml injiziert und deren Wirkung etwa 5 min abgewartet werden. ■■

**Versagerquote bei der Kathetertechnik** Bei etwa 10 % aller Patienten ist nach Injektion des Lokalanästhetikums durch den Katheter die Anästhesie unzureichend oder fehlt vollständig. Die wichtigsten Gründe hierfür sind:

- Der Katheter wurde zu weit vorgeschoben und hat den Periduralraum über ein Foramen intervertebrale verlassen.
- Der Katheter wurde zu weit vorgeschoben und hat sich aufge-  
rollt oder ist abgeknickt.
- Der Katheter wurde nicht in den Periduralraum vorgeschoben,  
sondern liegt im interspinalen Band (selten).
- Der Katheter wurde zu weit vorgeschoben und liegt im vorderen  
Periduralraum (selten).

### Praxistipp

Zu weites Vorschieben des Periduralkatheters ist eine häufige Ursache für mangelhafte Anästhesie. Darum sollte der Katheter nicht mehr als 3–5 cm im Periduralraum vorgeschoben werden. ■■

**Liegedauer von Periduralkathetern** Für die postoperative Analgesie werden die Katheter meist 2–5 Tage in situ belassen. Längere Liegezeiten sind möglich, erhöhen aber das Infektionsrisiko, vor allem für peridurale Abszesse mit Querschnittslähmung.

**Entfernen des Katheters** Am Ende der Behandlung wird der Katheter unter vorsichtigem Zug entfernt und auf Vollständigkeit überprüft. Lässt sich der Katheter nur schwer zurückziehen, so wird ein erneuter Versuch bei gebeugter Wirbelsäule unternommen. Auch hierbei muss wiederum sehr behutsam gezogen werden, damit der Katheter nicht abreißt.

Zu weit vorgeschobene Katheter können gelegentlich einen Nerv umschlingen, sodass beim Zurückziehen **Schmerzen** im entsprechenden Segment auftreten. Lässt sich der Katheter nicht entfernen und liegen Beschwerden oder neurologische Ausfälle vor, ist eine Laminektomie indiziert. Reißt hingegen ein kleines Stück des Katheters im Periduralraum ab, so ist die operative Entfernung meist nicht erforderlich, zumal das Auffinden des Katheterfragments außerordentlich schwierig sein kann. Der Patient muss jedoch in den nachfolgenden Wochen neurologisch überwacht werden.

## Maßnahmen nach Injektion des Lokalanästhetikums

Nach der Injektion des Lokalanästhetikums wird der Patient gelagert; hierbei muss beachtet werden, dass die **Anästhesieausbreitung**, im Gegensatz zur Spinalanästhesie, durch die jeweiligen La-

gerungsmaßnahmen nur wenig beeinflusst werden kann. In der Frühphase nach der Injektion kommt es daher vor allem darauf an, typische Komplikationen zu erkennen und zu behandeln sowie die Ausbreitung der Anästhesie zu überprüfen.

**Sofortkomplikationen** entstehen in erster Linie durch das Lokalanästhetikum selbst (toxische Reaktionen, Allergie), aber auch, wie bei der Spinalanästhesie, durch die Blockade des sympathischen Nervensystems:

- **Toxische Reaktionen** beruhen auf relativer oder absoluter Überdosierung des Lokalanästhetikums oder versehentlich intravasaler Injektion, vor allem in eine Periduralvene.
- Bei **Überdosierung** entwickeln sich die Zeichen allmählich über etwa 5–15 min und führen zu generalisierten Krämpfen, während bei intravasaler Injektion die Krämpfe sofort auftreten. Wird intraarteriell injiziert, so genügen bereits *geringe* Mengen, um generalisierte Krämpfe auszulösen (Behandlung und Zeichen > Kap. 8.7).
- Die **Reaktion auf den Vasopressorzusatz** beruht ebenfalls auf Überdosierung, rascher Resorption großer Mengen oder intravasaler Injektion. Sie manifestiert sich als Herzklopfen, Tachykardie, Blutdruckanstieg, Aufregtheit, ängstliche Unruhe, Kopfschmerzen und Schwitzen. Eine spezifische Behandlung ist zumeist nicht erforderlich, Sedierung kann jedoch bei entsprechender Ausprägung der Symptome sinnvoll sein.
- Eine **anaphylaktische Reaktion** auf Lokalanästhetika ist sehr selten (Zeichen und Behandlung > Kap. 31.8).
- Eine **totale Peridural- oder Spinalanästhesie** entsteht durch übermäßige peridurale Ausbreitung des Lokalanästhetikums bzw. durch versehentliche subarachnoidale Injektion. Sie führt zu Bradykardie und Blutdruckabfall; evtl. zu Atemstillstand und Bewusstseinsverlust (Behandlung > Kap. 22.6).
- Ein **Blutdruckabfall durch Sympathikusblockade** tritt bei der Periduralanästhesie meist langsamer ein als bei der Spinalanästhesie, in der Intensität bestehen jedoch keine Unterschiede (Behandlung > Kap. 22.6).
- Eine **vagovasale Reaktion** entsteht zusätzlich zur Sympathikolyse durch Angst und Aufregung. Sie geht mit Bradykardie, Blutdruckabfall, Blässe und Schwarzwerden vor den Augen einher. Durch Anheben der Beine wird die Reaktion rasch beseitigt.

Insgesamt entsprechen die **Überwachungsmaßnahmen in der Frühphase** denen bei der Spinalanästhesie (> Kap. 22.5.8), ebenso die Überprüfung der Anästhesieausbreitung.

## Überprüfung der Anästhesie

Einschätzung der sensorischen, sympathischen und motorischen Blockade

Nach **Ablauf der Anschlagzeit** werden Anästhesieausbreitung und -qualität endgültig überprüft. Hierbei werden sensorische, sympathische und motorische Blockade eingeschätzt:

- Die **sensorische Blockade** wird mit **Kältereiz** (z. B. Alkoholtupfer oder -spray) in jedem Dermatom auf beiden Seiten des Körpers überprüft. Bei Unsicherheit kann durch Kneifen oder Na-

delstiche die Ausbreitung der Blockade überprüft werden. Der Verlust der Berührungsempfindung kann ebenfalls registriert werden.

- Die **sympathische Blockade** kann klinisch durch Wärmeunterschiede auf der Haut des Patienten mit dem Handrücken des Untersuchers grob eingeschätzt werden. Genauer ist die Messung mit einem Hautthermometer oder mit temperaturempfindlichem Spezialpapier.
- Die **motorische Blockade** wird am besten anhand der Bromage-Skala beurteilt:

### Bromage-Skala

- **Kein Block** (0 %): normale Beugung in Knie- und Fußgelenk möglich.
- **Partieller Block** (Grad 1; 33 %): Knie können gerade noch gebeugt werden, während die Füße noch vollständig beweglich sind.
- **Nahezu vollständiger Block** (Grad 2; 66 %): Knie können nicht mehr gebeugt werden, jedoch die Füße.
- **Komplette Blockade** (Grad 3; 100 %): Beine und Füße können nicht mehr bewegt werden.

- Auch **Reflexreaktionen** können herangezogen werden, um die Blockade grob einzuschätzen, z. B. Patellarsehnen-, Kremaster- und Analreflex, Bauchdeckenreflexe.

## Ungenügende Blockade

Die Überprüfung der Anästhesie und der motorischen Blockade kann einige für die Periduralanästhesie typische Unzulänglichkeiten aufdecken, mit denen der Anästhesist vertraut sein muss. Die wichtigsten sind:

- Ausgesparte Segmente („missed segments“)
- Blockade nicht hoch genug oder unten nicht ausreichend
- Ungenügende motorische Blockade im anästhesierten Gebiet
- Zu hohe Blockade bei ungenügender Blockade im Sakralbereich
- Eingeweideschmerz bei Unterbauchoperationen

**Ausgesparte Segmente („missed segments“)** Bei sonst guter Anästhesiequalität sind hierbei einige Segmente von der Blockade ausgespart, typischerweise die Wurzeln von L5 und S1, und zwar häufiger mit Bupivacain als mit Lidocain. In dieser Situation darf keineswegs dennoch operiert werden; vielmehr sollte 30 min nach der Erstinjektion etwa die Hälfte der Anfangsdosis nachinjiziert werden.

**Blockade nicht hoch genug oder unten nicht ausreichend** Auch hier wird 30 min nach der Erstinjektion etwa die Hälfte der Anfangsdosis nachinjiziert. War die Erstdosis niedrig, so muss die Nachinjektionsdosis evtl. höher gewählt werden, vor allem, um eine ausreichende Blockade von L5 und S1 zu erreichen.

**Ungenügende motorische Blockade im anästhesierten Gebiet** Hierbei wird 30 min nach der Erstinjektion die Hälfte der Anfangsdosis nachinjiziert. Höchstdosen beachten!

**Zu hohe Blockade bei ungenügender Blockade im Sakralbereich** Zunächst abwarten, wie sich die hohe Blockade auf die Herz-Kreislauf-Funktion auswirkt. Nach etwa 30–60 min werden



8–10 ml Lokalanästhetikum über den Hiatus sacralis in den Sakralkanal injiziert. Hiermit lässt sich häufig eine gute sakrale Blockade erreichen, ohne dass sich die Anästhesie noch weiter nach oben ausdehnt. Ist jedoch eine Kaudalanästhesie nicht möglich, so dürfen **frühestens nach 60 min** 5–8 ml Lokalanästhetikum nachinjiziert werden, und zwar nur, wenn die Kreislaufverhältnisse ausreichend stabil sind. **Anschließend ist eine sorgfältige Überwachung erforderlich!**

**Eingeweideschmerz bei Unterbauchoperationen** Unterbauchoperationen mit Reizung des Peritoneums erfordern nicht selten eine Anästhesieausdehnung bis Th5, z. B. Sectio caesarea oder Appendektomie, gelegentlich auch die Leistenbruchoperation, um den peritonealen Schmerz auszuschalten. Wurde die Dosis des Lokalanästhetikums zu niedrig gewählt, so kann intraoperativ über einen Periduralkatheter nachinjiziert werden. Liegt jedoch kein Katheter, so muss bei starken Schmerzen auf eine Allgemeinnarkose übergegangen werden.

## Thorakale Periduralanästhesie

Die meisten Periduralanästhesien werden aus den weiter oben dargelegten Gründen über den lumbalen Zugangsweg durchgeführt. Diese Technik weist jedoch bei **Eingriffen im Oberbauch oder Thorax deutliche Nachteile** auf:

- Damit die Blockade sich von lumbal nach thorakal ausbreiten kann, sind **große Mengen Lokalanästhetikum** erforderlich. Hierdurch wird die Gefahr toxischer Reaktionen erhöht.
- Beckenregion und untere Extremitäten werden ebenfalls betäubt, obwohl ihre Blockade für den Eingriff im Oberbauch oder Thorax *nicht erforderlich* ist. Hieraus ergibt sich eine ausgedehnte Sympathikusblockade mit erhöhter Gefahr kardiovaskulärer Reaktionen.
- Die Anästhesie bildet sich gerade im **Operationsgebiet** (das weit vom Injektionsort entfernt liegt) zuerst zurück, sodass auch die postoperative Analgesie nur von kurzer Dauer ist, während die Extremitäten noch lange anästhesiert sein können.

Daher ist es bei Eingriffen im Oberbauch oder Thorax von Vorteil, das Lokalanästhetikum direkt in den *thorakalen Periduralraum* zu injizieren. So können die betreffenden Segmente bereits mit niedrigen Dosen – **etwa 0,5 ml/Segment** – ausgeschaltet werden, ohne dass die Sensibilität und Motorik des Beckens und der unteren Extremitäten mit betroffen sind. Wird außerdem ein Katheter in den thorakalen Periduralraum eingeführt, so ist eine kontinuierliche, bis weit in die postoperative Phase reichende Schmerzausschaltung bei geringen kardiovaskulären Nebenwirkungen und ohne wesentliche motorische Blockade möglich. Die Technik der thorakalen Periduralanästhesie ist aus anatomischen Gründen wesentlich schwieriger und auch gefährlicher als die lumbale Periduralanästhesie. Sie darf daher nur vom Erfahrenen durchgeführt werden.

### CAVE

Hauptgefahr der thorakalen Periduralanästhesie ist die traumatische Punktion des Rückenmarks.

## Technisches Vorgehen

Punktiert wird möglichst im *Zentrum* der für die Blockade ausgewählten Segmente. Hierbei kann der mediale oder der seitliche (paramediale) Zugang gewählt werden; zur Identifikation des Periduralraums dient die Widerstandsverlust-Technik oder die Technik des hängenden Tropfens (s. o.), die im Thoraxbereich wegen des stärkeren negativen Drucks mit Vorteil eingesetzt werden kann.

### Anatomische Orientierungspunkte für thorakale Punktionen

- Der Dornfortsatz des 7. Halswirbels springt am stärksten vor.
- Der Angulus scapulae liegt in Höhe des 7. Brustwirbels.
- Der Dornfortsatz des 12. Brustwirbels befindet sich in Höhe der letzten Rippe.

### Zugänge

- Beim **medialen Zugang** (> Abb. 23.10) im thorakalen Bereich wird in ähnlicher Weise vorgegangen wie bei der lumbalen Punktion des Periduralraums. Der wichtigste Unterschied zwischen beiden Techniken besteht in dem extrem steilen Winkel, in dem die Periduralnadel zwischen den dachziegelartig verlaufenden thorakalen Dornfortsätzen vorgeschoben werden muss; der Weg von der Haut bis zum Periduralraum ist oft weiter als im lumbalen Bereich.
- Der **seitliche Zugang** (> Abb. 23.10) zum thorakalen Periduralraum ist häufig einfacher als der mediale:

- ▶ Anlegen einer Hautquaddel 1–1,5 cm seitlich von der unteren Spitze des Dornfortsatzes an der geplanten periduralen Injektionsstelle
- ▶ Infiltration bis in den Bereich der Wirbelbögen
- ▶ Einführen der Periduralnadel neben dem Dornfortsatz in einem Winkel von 55–60° zur Haut bzw. zur Längsachse der Wirbelsäule mit einer Einwärtsrichtung von 10–15° (> Abb. 23.10). Die Kanüle sollte das Lig. flavum *in der Mitte* durchstechen.

## Auswirkungen der thorakalen Periduralanästhesie

Im Vergleich zur lumbalen Periduralanästhesie ergeben sich, vor allem bedingt durch die Blockade höherer Sympathikusanteile und die mögliche Ausschaltung von Teilen der Atemmuskulatur, einige Besonderheiten, die klinisch berücksichtigt werden müssen.

**Myokardfunktion** Eine Blockade der Segmente Th1–Th5 bewirkt eine Abnahme der Herzfrequenz, des HZV und des peripheren Gefäßwiderstands. Über die Auswirkungen der Blockade auf die Myokardkontraktilität liegen widersprüchliche Ergebnisse vor; so fanden einige Autoren eine Abnahme, andere eine Zunahme oder keine Veränderung.

**Koronardurchblutung** Im Tierexperiment wird bei einer Blockade der Segmente Th1–Th5 das Verhältnis von Endokard- zu Epikarddurchblutung verbessert; der Blutfluss in ischämischen Gebieten nimmt zu. Bei Patienten mit KHK soll durch eine hohe thorakale Periduralanalgesie das Ausmaß von ST-Senkungen im Belastungs-EKG vermindert werden; zudem soll bei Patienten mit stabiler Angina pectoris die Ejektionsfraktion zunehmen.

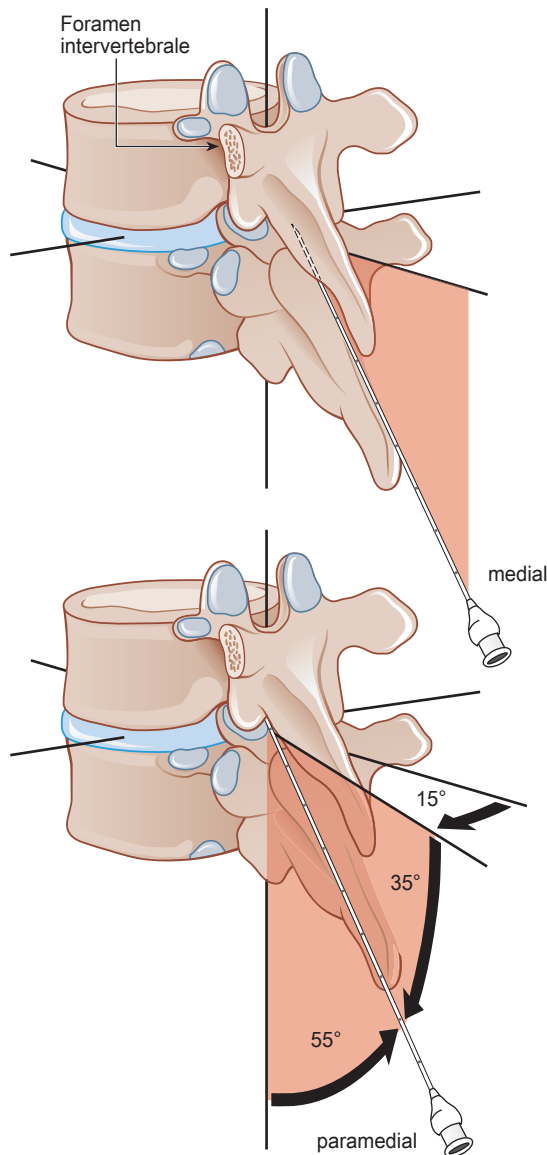


Abb. 23.10 Thorakale Periduralanästhesie: medialer und paramedialer Zugang.

**Splanchnikusdurchblutung** Eine thorakale Periduralanästhesie bewirkt eine komplette Sympathikusblockade im Splanchnikusgebiet. Hierdurch kommt es zur Vasodilatation mit venösem Pooling; der Blutdruck kann abfallen, ebenso die Herzfrequenz (aufgrund des Bezold-Jarisch-Reflexes). Dagegen führt eine lumbale Periduralanästhesie zu einer Sympathikusblockade in der unteren Körperhälfte und über eine Aktivierung der Barorezeptorenreflexe zu einer Zunahme des Sympathikotonus im Splanchnikusgebiet.

**Postoperative Lungenfunktion** Blockaden bis zu den mittleren thorakalen Segmenten beeinflussen die Atemfunktion lungengesunder Patienten nicht wesentlich: Lungenvolumina, Atemminutenvolumen und arterielle Blutgase bleiben unverändert. Hohe thorakale Blockaden mit Lähmung der Bauch- und Interkostalmuskulatur können hingegen die Atmung beeinträchtigen und zu einer signifikanten Abnahme des expiratorischen Reservevolumens und

des expiratorischen Spitzenflows mit Dyspnoe führen. Bei Patienten mit COPD, die auf die Atemhilfsmuskulatur angewiesen sind, sind hohe Blockaden daher zu vermeiden.

## 23.7 Komplikationen

Die Periduralanästhesie kann teilweise zu ähnlichen Komplikationen führen wie die Spinalanästhesie, daneben gibt es jedoch einige spezifische Komplikationen, die nur mit dieser Technik auftreten. Wie bei der Spinalanästhesie können auch hier Früh- und Spätkomplikationen unterschieden werden.

### 23.7.1 Frühkomplikationen

Frühkomplikationen entstehen während des Anlegens der Periduralanästhesie oder kurze Zeit danach. Die wichtigsten sind:

- Versehentliche Durapunktion
- Subarachnoidale Injektion des Lokalanästhetikums mit totaler Spinalanästhesie
- Punktion einer Periduralvene
- Punktion des Rückenmarks
- Massive Ausbreitung der Periduralanästhesie
- Blutdruckabfall

**Vorsehentliche Punktion der Dura** Die häufigste Ursache für die unbeabsichtigte Perforation der Dura ist eine **fehlerhafte Technik** beim Aufsuchen des Periduralraums. Die für sich genommen harmlose Komplikation führt zu unangenehmen Folgen: Bei etwa 70–80 % aller Patienten treten, meist am Tag nach der Perforation der Dura mit der dicken Periduralnadel, **Kopfschmerzen** auf (➤ Kap. 22.6). Der Verdacht auf eine Punktion des Subarachnoidalraums ergibt sich, wenn massiv **klare Flüssigkeit** aus der Periduralnadel zurücktropft oder mit der Spritze abgezogen werden kann. Diese Flüssigkeit kann *Liquor*, *Kochsalz* oder *Lokalanästhetikum* sein. Zur Überprüfung lässt der Anästhesist die Flüssigkeit auf seinen Unterarm tropfen: Liquor ist warm! Bleiben Zweifel, kann die Flüssigkeit mit einem Glukoseteststreifen oder einem Blutzuckermessgerät untersucht werden: Mit Liquor verfärbt sich der Teststreifen positiv; die Liquor-Glukosekonzentration entspricht > 50 % der Blut-Glukosekonzentration!

Liegt die Periduralnadel eindeutig im Subarachnoidalraum, wird entweder über die liegende Kanüle eine Spinalanästhesie durchgeführt oder die Kanüle im benachbarten Periduralraum eingeführt.

In der Praxis muss beachtet werden, dass nicht nur die Periduralnadel, sondern auch der Periduralkatheter die Dura perforieren kann. Diese relativ seltene Komplikation ist besonders gefährlich, weil sie leicht übersehen wird. Darum sollten folgende **Vorsichtsmaßnahmen** bei der Kathetertechnik beachtet werden:

- Katheter immer in der Mittellinie einführen
- Vor dem Fixieren des Katheters aspirieren
- Vor jeder Injektion aspirieren
- Vor jeder Nachinjektion Testdosis injizieren

**Totale Spinalanästhesie** Diese gefährliche Komplikation entsteht durch die subarachnoidale Injektion des Lokalanästhetikums

Tab. 35.4 Fetale Azidosen

Azidose	pCO <sub>2</sub>	Basendefizit
Respiratorisch	> 65 mmHg	normal ( $-6,4 \pm 1,9$ )
Metabolisch	normal, d. h. < 65 mmHg	hoch ( $-15,9 \pm 2,8$ )
Gemischt	> 65 mmHg	hoch ( $-9,8 \pm 2,5$ )

### 35.5.4 Überwachung des Fetus während der Geburt

Hiermit soll festgestellt werden:

- Ist der Fetus akut („Asphyxie“) gefährdet?
- Kann der Fetus noch im Uterus bleiben, oder muss die Geburt beendet werden?

Neben der klinischen geburtshilflichen Untersuchung durch den Arzt oder die Hebamme (vaginale Untersuchung/Leopold-Handgriffe), stehen im Wesentlichen die Kardiotokografie, die (Doppler-)Sonografie und die fetale Mikroblutanalyse zur Verfügung. Vereinzelt werden auch fetale EKG-Ableitungen (ST-Strecken-Analyse) über Skalpelektroden durchgeführt.

Bei Schwangeren mit niedrigem Risiko ist der Nutzen einer CTG-Überwachung nicht eindeutig geklärt. Bei Risikoschwangerschaften empfehlen die Fachgesellschaften eine Kombination aus CTG-Überwachung und Doppler-Sonografie.

#### MERKE

Während der Anlage einer geburtshilflichen Regionalanästhesie und 30 min danach wird eine CTG-Überwachung – unabhängig von einer geburtshilflichen Indikation – gefordert, um mögliche Auswirkungen auf den Fetus festzustellen.

### Fetale Blutgasanalyse

Eine Unterversorgung des Fetus mit Sauerstoff führt zur Azidose („Asphyxie“), erkennbar am Abfall des fetalen pH-Werts. Folgende Arten von fetalen Azidosen werden unterschieden (> Tab. 35.4):

Eine respiratorische Azidose entsteht durch kurzfristige Nabelschnurkompression, eine metabolische Azidose durch lang anhaltende Gefäßkonstriktion oder Abnahme der Plazentadurchblutung.

#### pH-Wert nach fetaler Mikroblutanalyse

- < 7,20: fetale Azidose: umgehend Geburt beenden
- 7,20–7,25: grenzwertiger Befund. Wiederholung der Untersuchung nach ca. 30 min
- > 7,25: Normalbefund, bei anhaltend suspektem oder pathologischem CTG Wiederholung der Untersuchung nach 60–120 min

Besser lässt sich der Zustand des Fetus anhand des Basendefizits beurteilen, da dieser Parameter direkte Rückschlüsse auf die durch Sauerstoffmangel bedingte anaerobe Glykolyse ermöglicht. Zu beachten ist, dass erst pH-Wert-Differenzen von > 0,05 zwischen dem Blut der Schwangeren und dem fetalen Blut auf eine fetale Sauerstoffmangelversorgung hinweisen.

#### MERKE

Das Ausmaß einer fetalen Azidose kann nur durch Bestimmung der Säure-Basen-Parameter im fetalen Blut festgestellt werden. Bei schwerer fetaler Azidose beträgt die erlaubte Zeit zwischen Entscheidung und Entbindung (E-E-Zeit) 20 min! Teamwork und im Vorfeld festgelegte Strukturen sind daher unbedingt erforderlich.

Nach Ablauf dieser Zeit steigt das Risiko eines perinatal induzierten Hirnschadens auf 50 % an.

### Kardiotokografische Diagnostik (CTG)

Der Kardiotokograf ermöglicht die Überwachung der fetalen Herzfrequenz und der Wehentätigkeit. Beim direkten Monitoring wird über eine am vorangehenden Teil (Kopf oder Steiß) angebrachte unipolare Elektrode abgeleitet. Vorteil des Verfahrens ist die Schlag-für-Schlag-Registrierung der Herzaktion; Nachteil ist die hierfür erforderliche Eröffnung der Fruchtblase. Die Herzfrequenz kann mithilfe der Ultraschall-Kardiografie auch indirekt abgeleitet werden: Hierzu wird ein entsprechender Transducer außen auf dem Bauch der Schwangeren befestigt.

Der **intrauterine Druck** kann ebenfalls direkt gemessen werden, und zwar über einen transzervikal eingeführten und mit einem Transducer verbundenen Katheter. Die indirekte Messung erfolgt hingegen über ein auf dem Bauch der Schwangeren angebrachtes Tokodynamometer. Die indirekten Überwachungsverfahren ermöglichen in erster Linie eine qualitative Einschätzung. Von Vorteil ist hierbei, dass die Fruchtblase nicht eröffnet werden muss und die Ableitung bereits vor Beginn der eigentlichen Geburt möglich ist.

**Spezifität** Die Spezifität der intrapartalen Kardiotokografie ist niedrig: Bei 50 % der auffälligen oder als pathologisch eingestuften Kardiotokogramme ist der Zustand des Fetus normal. Während ein unauffälliges CTG auf fetales Wohlbefinden hinweist, muss bei auffälligem CTG die Sauerstoffversorgung des Fetus durch zusätzliche Untersuchungen abgeklärt werden, um nicht indizierte Schnittentbindungen zu vermeiden. Jedoch gilt Folgendes:

#### CAVE

Bei eindeutig pathologischem CTG muss die Geburt sofort beendet werden.

Die DGGG empfiehlt zur Interpretation des CTG den modifizierten FIGO-Score. Dabei werden Einzelparameter beurteilt und eine Klassifikation in normal, suspekt oder pathologisch vorgenommen. Beurteilt werden:

- Grundbreite/Basalfrequenz
- Bandbreite
- Akzelerationen
- Dezelerationen



## Fetale Herzfrequenz

Das Herz des Feten schlägt schnell, der Grundrhythmus ist variabel und weist normalerweise eine Bandbreite von 5–25 Schlägen/min auf.

### Normalwert der fetalen Herzfrequenz zwischen den Wehen

110–160 min

Eine Zunahme der Herzfrequenz während der Wehen – Akzeleration – ist gewöhnlich ohne klinische Bedeutung, ein Abfall um mehr als 15/min, auch als Dezeleration bezeichnet, ist hingegen häufig pathologisch. Unterschieden werden:

- Frühe Dezeleration (DIP I)
- Späte Dezeleration (DIP II)
- Variable Dezeleration

**Frühe Dezeleration** Hierbei handelt es sich um einen schlagartigen Abfall der Herzfrequenz durch den Anstieg des intrauterinen Drucks zusammen mit dem Beginn einer Wehe. Mit Abfall des intrauterinen Drucks normalisiert sich die Herzfrequenz wieder. Als Auslöser der Bradykardie gilt ein vagaler Reflex, hervorgerufen durch Druck des Kopfes auf den Beckenboden. Die frühe Dezeleration tritt in der Austreibungsphase auf und gilt als physiologische Reaktion.

**Späte Dezeleration** Die Bradykardie tritt nach Beginn der Wehe auf und hält auch nach Beendigung der Wehe noch an. Die Späte Dezeleration gilt als Zeichen der uteroplazentaren Insuffizienz, d.h. einer ungenügenden Sauerstoffversorgung des Fetus. Die Hypoxie entsteht vermutlich durch eine ungenügende Durchblutung der Spiralarterien der Plazenta während des Druckanstiegs im Myometrium. Sie führt zur vorübergehenden fetalen Azidose. Späte Deze-

lerationen sind pathologisch und bedürfen der weiteren Abklärung durch fetale Mikrobloodanalysen (Säure-Basen-Status und Blutgase).

**Variable Dezeleration** Hierbei handelt es sich um wiederkehrende Bradykardien, die ohne direkten Zusammenhang mit uterinen Kontraktionen auftreten (> Abb. 35.3), also zu beliebigen Zeitpunkten. Variable Dezelerationen gelten ebenfalls als Zeichen der fetalen Hypoxie und Azidose. Auslöser ist vermutlich eine intermittierende Kompression der Nabelschnur, z. B. zwischen fetalem Kopf und Becken der Mutter oder bei der Umschlingung einer Extremität. Bei variablen Dezelerationen ist ebenfalls eine Bestimmung des fetalen Säure-Basen-Status und der Blutgase indiziert.

**Abweichungen der Herzfrequenzvariabilität** Wie bereits dargelegt, schlägt das fetale Herz nicht konstant schnell, sondern es bestehen normalerweise ständig leichte Abweichungen des Grundrhythmus, vermutlich bedingt durch Änderungen des vagalen und sympathoadrenergen Tonus. Unter bestimmten Bedingungen kann es zum Verlust der Herzfrequenzvariabilität kommen, z. B. durch:

- Hypoxie oder Schädigung des ZNS
- Einwirkung von Pharmaka bei gesunden Feten, z. B. Anästhetika mit Wirkung auf das autonome Nervensystem

Gegenwärtig existieren keine Standards für die Interpretation von Abweichungen der Herzfrequenzvariabilität.

## 35.6 Regionalanästhesie für die vaginale Entbindung

Der Schmerz ist eine natürliche Begleiterscheinung der Wehen und des Geburtsvorgangs, und es scheint, dass Frauen zu allen Zeiten und vermutlich auch in den meisten Kulturen die Geburt als

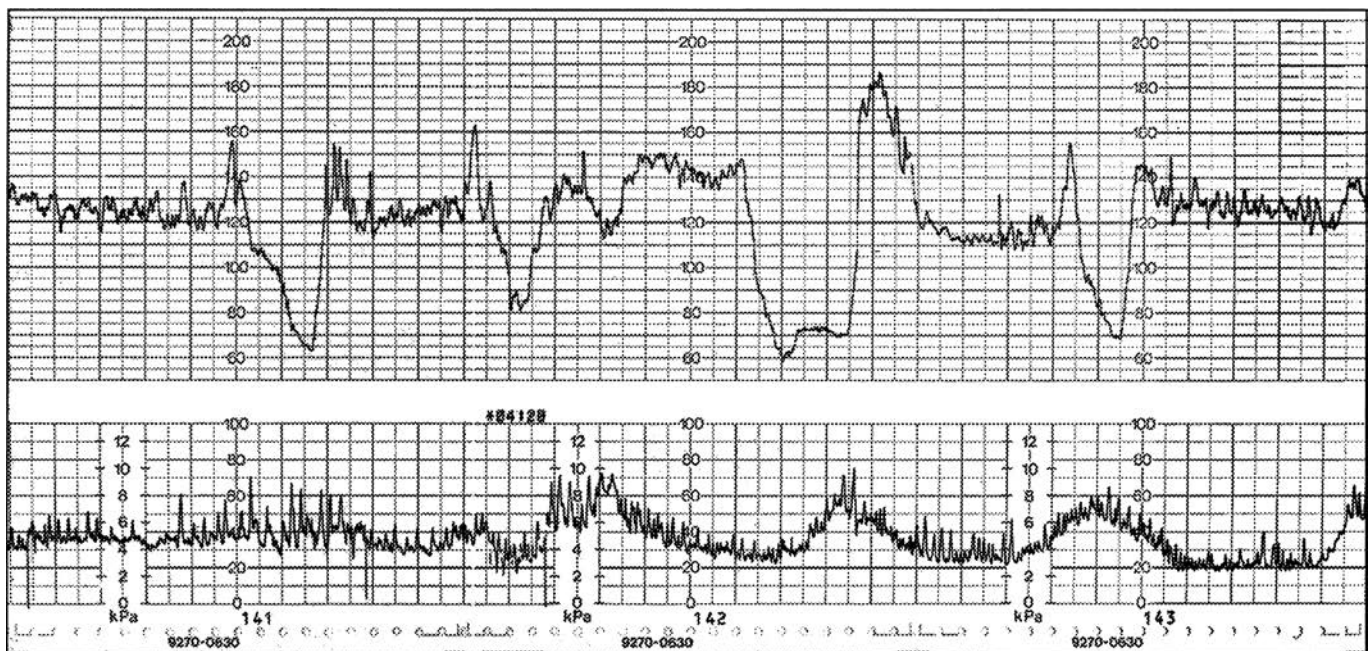


Abb. 35.3 Obere Kurve: schwere variable Dezelerationen der fetalen Herzfrequenz. Untere Kurve: Tokogramm. [M582]



schmerzhaft erlebt haben und erleben. Das Schmerzerlebnis wird von soziokulturellen, psychologischen und physikalischen Faktoren beeinflusst. Zunehmende Kenntnisse der fetalen Physiologie haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass systemische Analgetika und Allgemeinanästhetika nur noch selten zur Schmerzbehandlung bei normalen vaginalen Entbindungen eingesetzt werden. An ihre Stelle sind, neben psychologischen Verfahren der Geburtserleichterung, vor allem neurale Blockadetechniken getreten.

### MERKE

Rückenmarksnähe Regionalanalgesietechniken lindern den Geburtsschmerz besonders effektiv, ohne das Neugeborene wesentlich zu beeinträchtigen. Sie gelten daher – bei fehlenden Kontraindikationen – als Methode der ersten Wahl.

### E b M

Cochrane-Review (Hughes et al. 2003)

PDA und CSE reduzieren signifikant die Schmerzen unter der Geburt.

## 35.6.1 Geburtsschmerzen

Die Intensität der Schmerzen variiert individuell und scheint bei Erstgebärenden größer zu sein als bei Mehrgebärenden. Etwa 25 % der Gebärenden schätzen die Geburtsschmerzen als minimal oder leicht ein, etwa 25 % dagegen als sehr schwer oder unerträglich. Grundsätzlich besteht eine enge Korrelation zwischen Zervixdilatation und Schmerzintensität: Mit zunehmender Dilatation nehmen auch die Schmerzen zu. Die Schmerzen werden als pochend, einschließend, scharf, krampfartig und ziehend beschrieben. Psychosoziale Faktoren haben einen großen Einfluss. Geburtsschmerzen halten nur selten länger als 12 Monate an. Hier spielen vermutlich hormonelle Schutzfaktoren, insbesondere das Oxytocin, eine wichtige Rolle. Eine ungenügende Schmerztherapie innerhalb der ersten 24 h während/nach Entbindung soll die Chronifizierung von Schmerzen begünstigen.

### Eröffnungsphase

Die Eröffnungsphase (I. Stadium) umfasst die Zeit von den ersten regelmäßigen, muttermundswirksamen Wehen bis zur vollständigen Eröffnung des Muttermunds. Erst eine Wehenfrequenz von < 25/h hat einen Effekt in der Eröffnungsphase. Sie dauert bei **Erstgebärenden** 10–12 h, bei **Mehrgebärenden** 6–8 h.

Die in dieser Phase auftretenden viszerale Schmerzen entstehen durch folgende Mechanismen:

- Dilatation der Zervix und des unteren Uterinsegments
- Dehnung des Corpus uteri durch Kontraktionen

Die *Schmerzintensität* hängt vor allem von der Stärke der Kontraktionen und dem entstehenden Druck ab.

**Leitungsbahnen** Die Schmerzimpulse aus Zervix und Uterus werden über langsame viszerale afferente Nervenbahnen (marklose

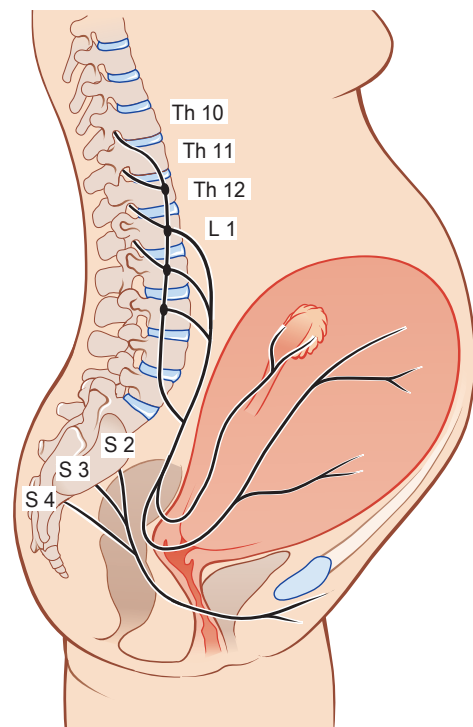
C-Fasern) und sympathische Fasern geleitet und treten über die Hinterwurzeln der Spinalnerven bei Th10–L1 in das Rückenmark ein (➤ Abb. 35.4).

In der *frühen Eröffnungsphase* sind nur die Nervenwurzeln von Th11 und Th12 beteiligt, mit zunehmender Intensität der Kontraktionen auch noch die benachbarten Segmente Th10 und L1.

Die Schmerzen der Eröffnungsphase werden von der Schwangeren als dumpf, drückend und krampfartig im Unterbauch empfunden. Sie ziehen vom Nabel bis in die Leiste und seitlich vom Beckenkamm bis zum Trochanter major und manifestieren sich im Rücken als Kreuzschmerzen (➤ Abb. 35.5).

### Austreibungsphase

Die Austreibungsphase (II. Stadium) umfasst den Zeitraum zwischen der vollständigen Eröffnung des Muttermunds (10 cm) und der Geburt des Kindes. Sie dauert bei **Erstgebärenden** ca. 30 bis 40 min, bei **Mehrgebärenden** 20–30 min. Eine PDA verlängert meist die Austreibungsphase und geht daher mit einer höheren Rate an operativ-vaginalen Entbindungen einher, während die Kaiserschnitttrate nicht beeinflusst wird. Werden niedrige Konzentrationen eines Lokalanästhetikums mit Opiatzusatz für die rückenmarksnähe Regionalanästhesie verwendet, wird die Motorik weniger stark beeinträchtigt. Die *Pressphase* beginnt mit dem reflektorischen Pressdrang, ausgelöst durch den Druck des Schädels auf den Plexus lumbosacralis nach Passage der Beckenmitte. Die



**Abb. 35.4** Leitungsbahnen für den Geburtsschmerz. In der Eröffnungsphase sind die Rückenmarksegmente Th10–L1 beteiligt, in der Austreibungsphase zusätzlich die Segmente L2–S4.

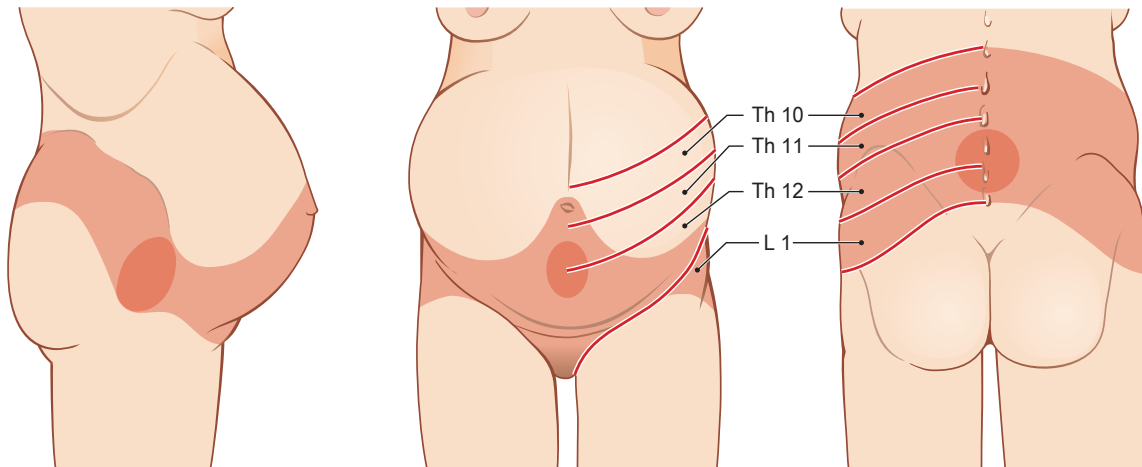


Abb. 35.5 Schmerzzonen in der Eröffnungsphase der Geburt.

Pressphase sollte bei einer Erstgebärenden nicht länger als 30–40 min dauern, bei einer Mehrgebärenden nicht länger als 20 min.

Die Schmerzen werden in dieser Phase durch folgende Mechanismen ausgelöst:

- Anhaltende Kontraktionen des Uterus
- Dehnung der Vagina, des Perineums und des Beckenbodens und Druck auf die Wurzeln des Plexus lumbosacralis durch den in das Becken eintretenden Fetus

**Leitungsbahnen** Die Schmerzimpulse treten des Weiteren über Th10–L1 in das Rückenmark ein. Hinzu kommen die Segmente von S2–S4 (N. pudendus, somatische perineale Dehnungsschmerzen).

Neben dem Schmerz empfindet die Schwangere in dieser Phase zusätzlich den *Drang zum Mitpressen*, der über den **Ferguson-Reflex** ausgelöst wird.

Alle neuronalen Blockadetechniken für vaginale Entbindungen müssen sich an den Schmerzmechanismen und deren anatomischen Leitungsbahnen orientieren.

### 35.6.2 Lumbale Katheter-Periduralanalgesie

Die **Katheter-Periduralanalgesie** gilt als Analgesieverfahren der Wahl für eine normale vaginale Entbindung. Sie berücksichtigt mehr als alle anderen neuronalen Blockadetechniken die physiologischen Besonderheiten der Schmerzmechanismen unter der Geburt.

**Eröffnungsphase** In dieser Phase werden nur die Rückenmarksegmente Th10–L1 blockiert und damit Wehenschmerz und Zervix-Dilatationsschmerz ausgeschaltet. Die sakralen Segmente werden noch nicht blockiert, sodass der Tonus der Beckenbodenmuskulatur erhalten bleibt und die Rotation des kindlichen Kopfes durch die Anästhesie nicht beeinträchtigt wird. Die Anästhesieausbreitung ist in ➤ Abb. 35.6a dargestellt.

**Austreibungsphase** Während der Austreibungsphase werden neben den Segmenten Th10–L1 zusätzlich die Segmente von S2–S5

geblockt. **Die sensible Blockade reicht dann von Th10 bis S5.** Dadurch ist der Geburtsschmerz vollständig ausgeschaltet. Die Schwangere wird bei guter Qualität der Anästhesie lediglich ein **vages Druckgefühl** verspüren. In diesem Stadium der PDA können außerdem vaginale geburtshilfliche Eingriffe sowie die Episiotomie-naht weitgehend schmerzfrei durchgeführt werden. Die **Anästhesieausbreitung** ist in ➤ Abb. 35.6b dargestellt.

Klinisch ist Folgendes zu beachten:

#### ■ Praxistipp

Damit die Blockade weitgehend nur die Sensibilität ausschaltet, muss das Lokalanästhetikum in „ultraniedriger“ Konzentration und mit Opioidzusatz verabreicht werden. Höhere Konzentration (z. B. Bupivacain  $\geq 0,1\%$ ) bzw. größere Mengen blockieren zusätzlich die Motorik, beeinträchtigen dadurch das aktive Pressen der Schwangeren in der Austreibungsphase und erhöhen die instrumentelle Entbindungsrate. Auch ein „Bolus“-Konzept kann gegenüber einer kontinuierlichen Infusion vorteilhaft sein. Darüber hinaus haben Mehrloch-PDA-Katheter Vorteile gegenüber den Einloch-Systemen. ■

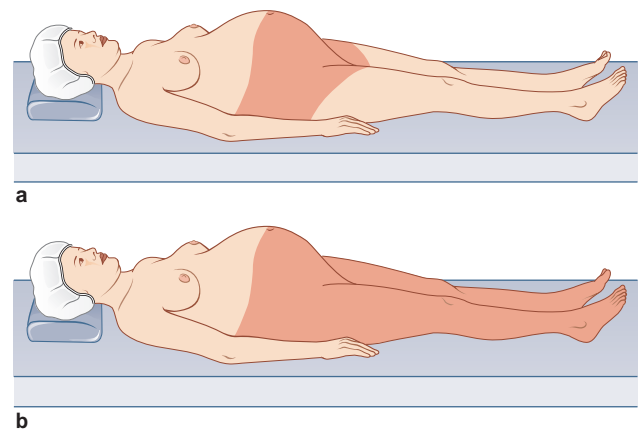


Abb. 35.6 Lumbale Periduralanästhesie für die vaginale Entbindung:

- a) Anästhesieausbreitung in der Eröffnungsphase.  
b) Anästhesieausbreitung in der Austreibungsphase.

## Indikationen

Neben dem Wunsch der Schwangeren gibt es noch besondere Indikationen, bei denen eine Periduralanalgesie wegen ihrer günstigen Wirkungen durchgeführt werden sollte. Die wichtigsten sind:

- Risikogeburt
- Wehenunterstützung mit Oxytocin
- Verlängerte Geburt
- Unkoordinierte Uterusaktivität (Dystokie)
- Beckenendlage
- Mehrlingsschwangerschaft
- Präeklampsie/Eklampsie
- Erkrankungen der Mutter: Herzerkrankungen, respiratorische Erkrankungen, Diabetes mellitus
- Operative vaginale Entbindung

**Risikogeburt** Hierzu gehören u. a. Frühgeburten, Diabetes der Mutter, Präeklampsie/Eklampsie, verzögertes intrauterines Wachstum (IURG). Mit der PDA sind keine dem Fetus zusätzlich gefährdenden Sedativa oder Opioide erforderlich. Das Trauma für den kindlichen Kopf ist wegen der guten Erschlaffung von Geburtskanal und Perineum minimal. Auch wird der durch Schmerz und Aufregung bedingte maternale „Stress“ vermindert und damit die Gefahr der fetalen Hypoxie eingeschränkt.

Die durch Oxytocin ausgelösten Uteruskontraktionen sind teilweise sehr schmerzhaft, ebenso die unkoordinierte Uterusaktivität. Die Periduralanalgesie blockiert die sympathischen Fasern zum Uterus und bessert oder beseitigt die Uterusdyskinesie bei über 70 % aller Schwangeren. Auch wird die Ansprechbarkeit des Uterus auf Oxytocin verbessert.

Bei *verlängerter* Geburt ist die Schwangere zumeist erschöpft; außerdem besteht die Gefahr einer fetalen Hypoxie. Hier können durch PDA bei zahlreichen Patientinnen die Uterusaktivität verbessert und eine Sectio vermieden werden.

**Beckenendlage** Durch PDA wird, im Gegensatz zu früheren Ansichten, der Geburtsverlauf bei Beckenendlagen günstig beeinflusst und der Zustand des Neonaten im Vergleich zu anderen Techniken der Schmerzbehandlung verbessert. Mögliche Gründe hierfür sind: Die Schwangere bleibt kooperativ, der Geburtsverlauf kann durch sorgfältige vaginale Untersuchung besser kontrolliert werden, die gute Erschlaffung des Beckenbodens ermöglicht eine schonende Entwicklung des Kindes.

**Mehrlingsschwangerschaft** Mehrlingsschwangerschaften gehen vermehrt mit Frühgeburt und Präeklampsie einher, auch sind die Morbidität und Mortalität des zweiten Neonaten erhöht. Daneben müssen häufig geburtshilfliche Eingriffe durchgeführt werden, für die eine ausreichende Anästhesie erforderlich ist. PDA verlängert zwar das II. Geburtsstadium bei Mehrlingsschwangerschaft, verbessert jedoch den Zustand vor allem des zweiten Neonaten und ermöglicht geburtshilfliche Eingriffe ohne Allgemeinnarkose.

**Präeklampsie/Eklampsie** Präeklampsie und Eklampsie gehen mit einem erhöhten maternalen und fetalen Risiko einher. Durch die PDA wird der erhöhte Blutdruck meist um etwa 20 % gesenkt.

Außerdem wird der Bedarf an systemischen Analgetika und Sedativa und damit die Gefahr der pharmakologisch bedingten fetalen Depression vermindert (➤ Kap. 35.8.6).

**Internistische Erkrankungen der Mutter** Sie erhöhen das Risiko für Mutter und Kind ebenfalls. Dies gilt besonders für **Herzerkrankungen**, bei denen sich der Pressdruck während der Austreibungsphase ungünstig auswirkt. In Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Pathophysiologie der Erkrankung ist eine rückenmarksnah Regionalanästhesie häufig sehr gut geeignet, um eine vaginale Entbindung zu ermöglichen oder eine Sectio durchzuführen. Beachtet werden müssen eine begleitende Antikoagulationstherapie und eine meist vorliegende Kontraindikation bei stenotischen Vitien. Bei **Diabetes mellitus** ist der Fetus evtl. groß und die Geburt entsprechend schwierig. Durch die PDA kann unter günstigen Umständen das Ausmaß der fetalen Azidose (durch verlängerte Geburt) vermindert werden. Auch für die Sectio bei Diabetes mellitus wird aus diesem Grund die PDA empfohlen.

## Kontraindikationen

Es gelten die allgemeinen Kontraindikationen für eine PDA, vor allem Ablehnung durch die Patientin, eine spezielle kardiale Pathophysiologie (schwere stenotische Vitien), Blutgerinnungsstörungen sowie lokale Infektion und die schwere systemische Sepsis.

Gerade bei Infektionen ist jedoch eine individuelle Risikoabwägung zu treffen und die Entscheidung für oder gegen eine PDA sollte nicht von fixen Laborwertkonstellationen abhängig gemacht werden. Zu fordern ist jedoch die Einleitung einer kalkulierten antibiotischen Therapie vor der Punktion.

## Nebenwirkungen und Komplikationen

Nichtgeburts hilfliche allgemeine Komplikationen der Periduralanalgesie (➤ Kap. 23) sind bei sachgemäßer Technik selten, **neurologische Komplikationen** sogar extrem selten. Ein geringer Prozentsatz neurologischer Schäden (meist peripherer Nerven) ist – unabhängig vom jeweiligen Narkoseverfahren – durch den Geburtsvorgang selbst bedingt. Bei manifesten neurologischen Störungen ist eine frühzeitige neurologische Konsiliaruntersuchung erforderlich. Von besonderer Bedeutung sind **Kopfschmerzen** nach versehentlicher Durapunktion; sie treten bei ca. 50 % aller Schwangeren auf, deren Dura mit einer Tuohy-Nadel perforiert wurde. Daher gilt:

### MERKE

Versehentliche Durapunktion mit nachfolgenden Kopfschmerzen ist bei stillenden Müttern besonders unerwünscht und muss unbedingt vermieden werden. Darum keine geburtshilfliche PDA durch den Unerfahrenen!

**Versehentliche Perforation der Dura** Duraperforationen können durch die Periduralkanüle oder den Katheter hervorgerufen werden. Erfolgte die Duraperforation mit der Kanüle, so muss sie entfernt werden. Anschließend kann der Katheter über einen anderen Zwi-

schenwirbelraum epidural platziert und hier das Lokalanästhetikum injiziert werden. Nicht gänzlich auszuschließen ist dabei aber, dass ein Teil des Lokalanästhetikums über das Loch in der Dura in den Subarachnoidalraum gelangt und eine hohe Blockade hervorruft.

Erfolgte die Perforation mit dem Katheter, sollte er ebenfalls entfernt und an anderer Stelle eingeführt werden. Möglich ist auch eine kontinuierliche Spinalanästhesie über den Katheter. Hierzu müssen aber die lokalen Organisationsstrukturen vorhanden sein, der Katheter als „spinal“ gekennzeichnet werden, um Überdosierungen zu verhindern, und die Schwangere gezielt überwacht werden. Kathetermigrationen in den Subarachnoidalraum (oder in eine Periduralvene) können auch im weiteren Verlauf der geburtshilflichen PDA auftreten. Daher gilt:

### MERKE

Niedrige Lokalanästhetikakonzentrationen mit Opiatzusatz erhöhen die Sicherheit und verringern motorische Blockaden. Bei jeder Nachinjektion größerer LA-Mengen, z. B. um den liegenden Katheter zur Sectio zu nutzen, erfordern eine sorgfältige Aspirationskontrolle und die Gabe einer Testdosis über den Katheter!

**Postpunktionelle Kopfschmerzen** Meist treten sie innerhalb von 72 h nach Duraperforation auf. Typischerweise nimmt der Kopfschmerz im Sitzen zu und im Liegen ab und wird durch Husten und Pressen verstärkt. Neurologische Begleitsymptome wie Tinnitus oder Doppelbilder können auftreten. Häufig bessert sich die Symptomatik spontan. Gefährliche Differenzialdiagnosen (besondere Vorsicht bei Kopfschmerzen, die nach 72 h auftreten!) müssen ausgeschlossen werden. Hierzu zählen vor allem:

- Sinusvenenthrombose
- Hypophysenischämie
- Meningitis
- Präeklampsie (auch bis 48 h postpartal!)
- Intrakranielle Blutungen

Entscheidend sind eine genaue Anamnese und körperliche Untersuchung, ggf. ergänzt durch ein zeitnahes neurologisches Konsil. Die Notwendigkeit für eine bildgebende Untersuchung (CT/MRT) sollte dann rasch gemeinsam festgelegt werden. Wichtig ist auch, die Schwangere über mögliche Spätkomplikationen nach Entlassung (erneute Kopfschmerzen/Hygrome/Blutung) aufzuklären, die Hinweise zu dokumentieren und eine Anlaufstelle bei Problemen zu benennen.

### E b M

#### Postspinaler Kopfschmerz bei geburtshilflicher Periduralanalgesie (Metaanalyse)

- Unbeabsichtigte Duraperforation: Häufigkeit ca. 1,5 %
- Davon postspinale Kopfschmerzen: 52,1 %
- Beginn: 1–7 Tage nach der Perforation
- Dauer 12 h bis 7 Tage, gelegentlich auch länger

### MERKE

Patientinnen mit akzidenteller Duraperforation müssen unbedingt nachbetreut werden! Es drohen Spätkomplikationen wie Hygrome und subdurale Hämatome. Daneben müssen sofort gefährliche Differentialdiagnosen des postpunktionellen Kopfschmerzes wie Sinusvenenthrombosen,

Blutungen oder entzündliche Komplikationen bei atypischen Verläufen ausgeschlossen werden.

Therapie des postpunktionellen Kopfschmerzes ➤ Kap. 22.6.2.

**Mangelhafte Analgesie** Eine befriedigende Analgesie kann mit der PDA bei etwa 90 % aller Schwangeren erreicht werden. Mangelhafte, einseitige oder vollständig fehlende Anästhesie tritt häufiger beim **unerfahrenen Anästhesisten** auf. Wichtige Ursachen sind:

- Katheterfehlhänge
- Verzögerte Nachinjektionen

**Ungeblockte Segmente** Sie sind ein besonderes Ärgernis für Patientin und Anästhesist. Sie treten bei etwa 7 % aller Schwangeren auf, gehäuft im sakralen bzw. perinealen Bereich. Ein wesentlicher begünstigender Faktor ist das **zu weite Verschieben des Periduralkatheters** (PDK). Bei zahlreichen Patientinnen kann durch Zurückziehen des Katheters sowie durch wiederholte Nachinjektionen noch eine befriedigende Analgesie in den ausgesparten Bereichen erreicht werden.

Bei Verwendung von Periduralkathetern mit mehreren seitlichen Öffnungen sollen signifikant seltener ungeblockte Segmente auftreten als bei Kathetern mit einer nur endständigen Öffnung.

**Motorische Blockade** Wiederholte Bolusinjektionen oder mehrstündige Infusionen von Bupivacain können zu einer ausgeprägten, von der Schwangeren meist als unangenehm empfundenen motorischen Blockade führen. Hierdurch wird der Pressdrang beeinträchtigt und die instrumentelle Entbindungsrate erhöht. Möglicherweise verhindert eine Relaxierung der Beckenbodenmuskulatur die Rotation des kindlichen Kopfes und begünstigt hierdurch Fehleinstellungen des fetalen Hinterhaupts.

Entwickelt sich eine stärkere motorische Blockade, sollte die PDA vorübergehend unterbrochen und dann mit reduzierter Dosis oder stärker verdünntem Lokalanästhetikum in Kombination mit einem Opioid fortgesetzt werden.

**Veränderungen der Körpertemperatur** Unter der PDA kann die Körperkerntemperatur der Schwangeren abfallen, bedingt durch die Vasodilatation mit Umverteilung der Wärme vom Kern in die Peripherie. Hierdurch kann Kältezittern ausgelöst werden.

Im Gegensatz dazu fand sich in mehreren randomisierten Studien häufiger ein *Anstieg* der maternalen Körperkerntemperatur auf > 38 °C unter der geburtshilflichen PDA als bei Gebärenden ohne Periduralanalgesie. Nach derzeitiger Auffassung liegt dem Fieber in Verbindung mit einer geburtshilflichen Periduralanalgesie keine Infektion zugrunde. Allerdings erhalten Neonaten von Gebärenden mit Fieber aus Angst vor einer Infektion signifikant häufiger Antibiotika als Neugeborene von Gebärenden ohne Anstieg der Körpertemperatur.

**Rückenschmerzen** Rückenschmerzen gehören zu den häufigen Beschwerden in der Schwangerschaft und im Wochenbett. Ob durch eine PDA die Häufigkeit von lang anhaltenden Rückenschmerzen erhöht wird, ist nicht endgültig geklärt. Im Gegensatz zu



retrospektiven Untersuchungsergebnissen konnte in prospektiven Untersuchungen bislang kein wesentlicher Einfluss der PDA auf die Häufigkeit länger anhaltender Rückenschmerzen nachgewiesen werden. Als Risikofaktoren für anhaltende Rückenschmerzen nach der Geburt wurden Rückenschmerzen in der Vorgeschichte und Adipositas angegeben.

## Einfluss auf den Geburtsverlauf

Die Auswirkungen der spinalen Blockade auf die Uterusaktivität sind komplex und hängen von neuralen, humoralen und hämodynamischen Faktoren ab.

Der Einfluss der PDA auf die Uterusaktivität ist in der **Eröffnungsphase** meist gering – vorausgesetzt, Blutdruck der Schwangeren und Durchblutung des Uterus bleiben im Normbereich.

### MERKE

Klinisch gilt: Nach der ersten Injektion des Lokalanästhetikums ist die Uterusaktivität meist für 10–30 min vermindert, auch kann die Dilatation der Zervix verzögert werden.

Im II. Stadium der unstimulierten Geburt hängt der weitere Verlauf von starken **Austreibungskräften** ab. Hinzu kommt ein fein abgestimmter **Tonus des Beckenbodens**. Die PDA vermindert die Oxytocinproduktion und die Kontraktilität des Uterus. Wird der Muskeltonus durch zu ausgedehnte Blockade allzu früh vermindert, kann der weitere Geburtsvorgang durch Schwächung der austreibenden Kräfte oder Beeinträchtigung der fetalen Rotation verzögert werden.

### MERKE

- Es ist nicht erforderlich, vor Anlage eines rückenmarksnahen Regionalanästhesieverfahrens eine bestimmte Muttermundweite abzuwarten. Eine Anlage bei MM < 3 cm erhöht nicht die Rate an Kaiserschnitten und operativ vaginalen Entbindungen!
- Bei Risikokonstellationen wie Präeklampsie, Vorerkrankungen oder Adipositas permagna kann die frühzeitige Anlage einer PDA sogar empfohlen werden, um den bereits liegenden Katheter auch für dringliche Sectioindikationen nutzen zu können.

**Instrumentelle Entbindungsrate** Die mittlerweile als obsolet angesehene Verwendung hoher Lokalanästhetikumkonzentrationen zur PDA beeinträchtigt die **aktive Mitarbeit** der Gebärenden bei der Austreibung des Kindes in einem hohen Prozentsatz: Bei etwa 40 % der Schwangeren treten Störungen der Beinmotorik auf, bei 30 % ist das perineale Druckgefühl aufgehoben; der **unwillkürliche Pressdrang**, ausgelöst durch den Ferguson-Reflex, fehlt nahezu bei allen Frauen. In großen Untersuchungsreihen wird über eine erhöhte Zangenextraktionsrate bei geburtshilflicher PDA berichtet; die genauen Zahlen schwanken von Klinik zu Klinik. In einer prospektiven Studie wurden eine um das 5-Fache **erhöhte Zangenextraktionsrate** und eine um das 3-Fache erhöhte Malpositionsrate des Fetus beobachtet. Die fetale Morbidität und Mortalität wurden jedoch nicht beeinflusst. Werden dagegen moderne „ultraniedrige“ Konzentrationen des Lokalanästhetikums eingesetzt, so gilt im Wesentlichen Folgendes:

### E b M

#### Niedrige Lokalanästhetikakonzentrationen (Sultan et al. 2013, systematischer Review)

Die Verwendung niedriger Konzentrationen eines Lokalanästhetikums (< 0,1 % Bupivacain oder < 0,17 % Ropivacain) führt im Vergleich zu höheren Konzentrationen zur gleichwertigen Schmerzerleichterung, weniger motorischen Blockaden, kürzerer Austreibungszeit und weniger operativ-vaginalen Entbindungen. Daher sollte der Einsatz niedriger Lokalanästhetikumkonzentrationen für die Periduralanalgesie bevorzugt werden.

**Sectio caesarea** Rückenmarksnahe Verfahren erhöhen nach heutigem Kenntnisstand nicht die Rate an Kaiserschnitten.

### E b M

#### Geburtshilfliche Periduralanalgesie (verschiedene Techniken, mit und ohne Opioide, auch als PCA) verglichen mit anderen Formen der Analgesie (Cochrane-Review)

Die PDA bewirkt eine stärkere Schmerzlinderung als andere Analgesieverfahren, verlängert das erste und zweite Stadium der Geburt, führt häufiger zu regelwidrigen Kindslagen, Einsatz von Oxytocin und Zangenentbindung. Ein signifikanter Einfluss auf die Sectorate konnte hingegen nicht nachgewiesen werden.

### Maßnahmen zur Minderung der erhöhten Forceps- und Sectio-rate

Die ungünstigen Auswirkungen der PDA auf den zeitlichen Verlauf des Geburtsvorgangs und die instrumentelle oder operative Entbindungsrate können durch verschiedene Maßnahmen gemildert oder normalisiert werden. Hierzu gehören:

- Die PDA sollte nach individueller Einschätzung begonnen werden, nicht aufgrund einer bestimmten Muttermundweite.
- Die Wehentätigkeit wird mit Oxytocin-Infusion stimuliert.
- Das Lokalanästhetikum sollte in niedriger Konzentration (z. B. 0,1 % Bupivacain oder Ropivacain < 0,17 %) und in Kombination mit periduralen Opioiden (z. B. Sufentanil 0,5–0,75 µg/ml) zugeführt werden.
- Bei Verwendung dieser niedrigen Konzentrationen ist eine klassische Testdosis nicht erforderlich. Werden höhere Konzentrationen verwendet, muss eine Testdosis (z. B. Aufdosierung vor Kaiserschnitt) gegeben werden.
- Auf die Vorinfusion von 1.000 ml Kristalloidlösung zur Hypotensionsprophylaxe sollte verzichtet werden, da hierdurch die Uterusaktivität für 20–30 min vermindert wird.
- Intermittierende Bolusinjektionen des Lokalanästhetikums scheinen günstiger zu sein als eine kontinuierliche peridurale Infusion.

**Auswirkungen auf den Feten** Werden bei der Periduralanalgesie Lokalanästhetika in **niedriger Konzentration und Gesamtmenge** verwendet, ist mit keiner lokalanästhetikabedingten Depression des Neonaten zu rechnen.

Die Häufigkeit von anästhesiebedingten Komplikationen wie Blutdruckabfall bei der Schwangeren ist mit einer sachkundig durchgeführten PDA ebenfalls gering. Beurteilt am Säure-Basen-Haushalt und den Blutgasen des Neugeborenen, ergeben sich keine negativen Auswirkungen auf den Fetus. Insgesamt gilt für die PDA:

**M E R K E**

Bei niedriger Dosierung des Lokalanästhetikums und Vermeidung maternaler Komplikationen ist die fetale Sicherheit während der Periduralanästhesie gut gewährleistet und wird in bestimmten geburtshilflichen Situationen sogar erhöht.

**Anatomische Besonderheiten**

**Periduralraum** Während der Schwangerschaft fließt ein beträchtlicher Teil des Blutes aus den unteren Extremitäten über die Venen des Periduralraums in die obere Hohlvene. Die Periduralvenen sind daher stark gefüllt und erweitert, der Periduralraum ist insgesamt *verkleinert*. Das Lokalanästhetikum kann sich deshalb mehr in longitudinaler Richtung ausbreiten, sodass die Anästhesie sich entsprechend weiter ausdehnt und hierdurch der **Bedarf an Lokalanästhetika vermindert** wird. Dies trifft jedoch nicht für alle Patientinnen zu.

**Aufsuchen des Periduralraums** Die Bänder der Wirbelsäule sind aufgelockert und bei der **Widerstandsverlust-Methode** lässt sich die Kochsalzlösung nicht selten relativ leicht („butterweich“) injizieren. Der Unerfahrene merkt oft nicht, dass die Nadel bereits im Periduralraum liegt, und ist versucht, die Nadel weiter vorzuschieben.

Klinisch gilt:

**C A V E**

In der Schwangerschaft ist die Gefahr der versehentlichen Durapunktion erhöht.

Außerdem ist der sonst negative Druck im Periduralraum während der Schwangerschaft wegen der stark erweiterten Venen meist aufgehoben, besonders während der uterinen Kontraktionen. Techniken, die sich des **negativen Drucks** bedienen („hängender Tropfen“), sind deshalb bei geburtshilflichen Periduralanästhesien nicht durchführbar.

**Lagerung** Eine Beugung der Wirbelsäule ist wegen des Uterus nicht in gleichem Umfang möglich wie bei einer nichtschwangeren Patientin. Auch sind die Patientinnen wegen anhaltender uteriner Kontraktionen oft unruhig, sodass Punktionstechnik und Katheterisierung zusätzlich erschwert sind. Daher und wegen des zuvor beschriebenen schwierigeren Auffindens des Periduralraums sollte eine geburtshilfliche PDA **nicht von einem Anfänger** auf dem Gebiet der regionalen Blockadetechniken durchgeführt werden.

**Wahl des Lokalanästhetikums**

**Bupivacain** Diese Substanz – mit oder ohne Zusatz von Opioiden – gehört zu den derzeit am häufigsten in der Geburtshilfe eingesetzten Lokalanästhetika. Bupivacain weist folgende Vorteile für die geburtshilfliche Anästhesie auf:

- Gute Analgesie bei relativ geringer motorischer Blockade
- Lange Wirkdauer

- Hohe Proteinbindung, daher geringere Plazentapassage
- Keine toxischen Wirkungen beim Fetus

Wichtigster Nachteil von Bupivacain ist seine **Kardiotoxizität**, die eine strikte Begrenzung der Dosen erfordert. Der Zusatz von Adrenalin hat nur geringen Einfluss auf die systemische Resorption von Bupivacain und ist bei Bolusgabe entbehrlich.

**Ropivacain** Die Substanz weist eine enge Strukturverwandtschaft mit Bupivacain und ein ähnliches Wirkprofil auf, ist jedoch im Tierexperiment weniger kardiotoxisch. Ohnehin spielt die Kardiotoxizität von Lokalanästhetika bei der PDA für die normale vaginale Entbindung keine wesentliche Rolle, da hierfür sehr niedrige Konzentrationen verwendet werden. Die Plazentapassage von Ropivacain wird mit 20 % angegeben. Ropivacain bewirkt eine deutliche sensomotorische Differenzialblockade und ist daher für die Geburtshilfe von Vorteil. Die Substanz weist eine um 40 % geringere analgetische Wirkung und motorische Blockadewirkung auf als Bupivacain; die analgetische Wirkdauer ist hingegen länger. Gebräuchlich sind Verdünnungen im Bereich von 0,1–0,15 % Ropivacain mit Opiatzusatz für die geburtshilfliche Analgesie.

**Opioide****Peridurale Zufuhr**

Der *systemische* Einsatz von Opioiden während der Geburt sollte sich wegen des sedierenden Effekts bei der Schwangeren und der ungünstigen Wirkungen auf den Neonaten auf die frühe Eröffnungsphase beschränken. Auch reduzieren sie den Wehenschmerz nur wenig effektiv. Mit fortschreitender Geburt und zunehmender Schmerzintensität können Opioide jedoch *peridural* oder *subarachnoidal* zugeführt werden. Ziel ist eine ausreichende Analgesie ohne motorische Blockade und hypotensive Effekte. Allerdings hat sich gezeigt, dass eine zufriedenstellende Schmerzbesitzigung über den gesamten Geburtsverlauf mit Opioiden allein nicht möglich ist. Zwar können peridural oder intraspinal zugeführte Opioide während der Eröffnungsphase bei zahlreichen Schwangeren als einziges *Analgetikum* ausreichen, doch ist es hiermit nicht möglich, die im II. Stadium erforderliche *sakrale Analgesie* zu erreichen.

**M E R K E**

Die alleinige peridurale oder intraspinale Zufuhr von Opioiden führt nicht zu einer ausreichenden Analgesie für die vaginale Geburt.

Bessere und länger anhaltende analgetische Effekte ergeben sich jedoch durch die Kombination von Opioiden mit Lokalanästhetika; auch können wegen des synergistischen Effekts die erforderlichen Lokalanästhetikumdosen vermindert werden, sodass die Motorik insgesamt weniger beeinträchtigt wird.

**E b M****ASA-Praxisleitlinie geburtshilfliche Anästhesie 2016**

Die Durchführung einer Periduralanästhesie mit Lokalanästhetika in niedrigen Konzentrationen in Kombination mit periduralen Opioiden ermöglicht

eine wirksame Analgesie mit geringstmöglicher motorischer Blockade und ist daher gegenüber höheren Konzentrationen zu bevorzugen.

### Welches Opioid?

Bei der Wahl des Opioids sollte sich der Anästhesist auf wenige Substanzen beschränken, um genügend Erfahrung zu sammeln und reproduzierbare Ergebnisse zu erreichen. Das lang wirkende Morphin wird in Deutschland nur selten verwendet. Standard sind derzeit die kurz (d. h. 2–3 h) wirkenden  $\mu$ -Agonisten Fentanyl und Sufentanil. Bei sachgerechter Anwendung von Fentanyl oder Sufentanil muss – im Gegensatz zum hydrophilen Morphin – kaum mit einer zentralen Atemdepression gerechnet werden. Beide Substanzen können mit Lokalanästhetika kombiniert werden, um synergistische Effekte mit Reduktion der Nebenwirkungen zu erreichen.

**Fentanyl** Die Substanz kann peridural als Bolus injiziert oder kontinuierlich peridural zusammen mit einem Lokalanästhetikum bis zur Geburt des Kindes infundiert werden (Off-Label-Use!). Peridurale Bolusinjektionen führen weder bei der Gebärenden noch beim Neonaten zu klinisch relevanten Nebenwirkungen. Allerdings sollte sich die Zufuhr wiederholter Boli auf die Eröffnungsphase beschränken, um eine Kumulation zu vermeiden.

**Sufentanil** Wie Fentanyl kann auch Sufentanil mit Lokalanästhetika kombiniert werden, um eine bessere Analgesiequalität zu erreichen. Übliche Dosierungen sind Sufentanil 0,5–1,0  $\mu\text{g}/\text{ml}$  Lokalanästhetikum. Eine Gesamtdosis von 30  $\mu\text{g}$  Sufentanil für den Geburtsverlauf ist oft ausreichend, kann im Bedarfsfall jedoch auch überschritten werden.

### II Praxistipp

- Um die Mobilität der Schwangeren in der Eröffnungsphase der Geburt zu erhalten, muss die Lokalanästhetikumlösung verdünnt werden. Gebräuchlich sind Konzentrationen von  $< 0,1\%$  Bupivacain oder Ropivacain  $< 0,2\%$  mit einem Opiatzusatz (z. B. Sufentanil 0,5  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ).
- Optimalerweise wird die PDA durch intermittierende Bolusgaben (z. B. Sperrzeit) oder patientenkontrollierte (PCEA-) Verfahren fortgesetzt. Wird ausschließlich eine kontinuierliche Laufraute verwendet, kommt es zu einem erhöhten Verbrauch an Lokalanästhetikum und vermehrt zu motorischen Blockaden.

#### Beispielschema:

- Initiales Aufdosieren z. B. mit:
  - Ropivacain 0,15 % mit Sufentanil 0,75  $\mu\text{g}/\text{ml}$ : 5–10 ml
- Aufrechterhaltung, z. B. PCEA-Einstellung:
  - Ropivacain 0,14 % mit Sufentanil (0,4  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ), Bolus 4 ml/Sperrzeit 15 min

Hiermit bleibt die Mobilität meist erhalten. Umhergehen darf die Patientin jedoch nur in Begleitung, bei fehlenden geburtshilflichen Kontraindikationen sowie bei fehlenden motorischen Blockaden (Bromage-Score 0, Kniebeuge am Bett möglich). Im Stehen dürfen keine Bolusapplikationen vorgenommen werden! ■■

### Subarachnoidale Injektion

Die intraspinale Injektion von Opioiden für die vaginale Entbindung ist in Deutschland wenig gebräuchlich. Wie bei der periduralen Zufuhr lässt sich eine befriedigende Analgesie allenfalls für die Eröffnungsphase erreichen. Bei Morphin ist der Wirkungseintritt jedoch verzögert, auch muss mit Nebenwirkungen wie Übelkeit und Erbrechen, Pruritus, Harnverhalt und vor allem Atemdepression gerechnet werden. Demgegenüber tritt mit Fentanyl und Sufentanil die Wirkung wesentlich rascher ein, jedoch muss auch bei diesen Opioiden mit den gleichen Nebenwirkungen gerechnet werden.

Besonders hoch ist die Gefahr der frühen **Atemdepression** durch subarachnoidal injizierte Opiode. So liegt ein Fallbericht vor, bei dem es 19 min nach subarachnoidaler Injektion von 10  $\mu\text{g}$  Sufentanil und 2,5 mg Bupivacain bei einer gesunden Gebärenden zu einem Atemstillstand kam. Auch Ferouz et al. (1997) berichten über einen Atemstillstand mit Bewusstlosigkeit, der 4 min nach subarachnoidaler Injektion von 10  $\mu\text{g}$  Sufentanil bei vaginaler Entbindung auftrat und eine endotracheale Intubation und Beatmung erforderlich machte. Die Häufigkeit dieser Komplikation geben die Autoren mit 0,021 % ihrer Patientinnen an. Insgesamt ist das Risiko der Atemdepression bei subarachnoidaler Injektion von Opioiden in der Geburtshilfe bisher nicht ausreichend quantifiziert. Grundsätzlich gilt aber:

#### M E R K E

Bei subarachnoidaler Injektion von Opioiden besteht die, wenngleich geringe, Gefahr der Atemdepression. Daher ist eine sorgfältige und lückenlose Überwachung der Atemfunktion erforderlich.

Daneben werden weitere Nebenwirkungen berichtet:

- Nach subarachnoidaler Injektion von Fentanyl oder Sufentanil bei vaginaler Entbindung wurde ein signifikanter **Blutdruckabfall** beobachtet, der nicht durch das Lokalanästhetikum hervorgerufen worden sei. Die Autoren diskutieren einen direkten Effekt der Opiode auf die spinalen  $\mu$ -Rezeptoren oder eine verminderte Freisetzung endogener Katecholamine.
- Hamilton und Coben (1995) berichten über eine **hohe sensorische Blockade** nach subarachnoidaler Injektion von Sufentanil (10  $\mu\text{g}$ ) unter der Geburt. Drei der Gebärenden hatten lediglich Sufentanil erhalten, und die sensorische Blockade entwickelte sich 10–15 min nach der Injektion.
- **Fetale Bradykardien** scheinen dosisabhängig zu sein und sind bei 5  $\mu\text{g}$  Sufentanil seltener als bei 10  $\mu\text{g}$ .

#### Dosierungsbeispiel für subarachnoidales Sufentanil

- 5  $\mu\text{g}$  Sufentanil plus 2,5 mg Bupivacain.
- Wirkdauer ca. 130 min.
- Die *intrathekale* Gabe von Sufentanil ist ein Off-Label-Use, über den aufgeklärt werden muss.

### Kombinierte spinale und epidurale Zufuhr (CSE)

Bei diesem Verfahren werden Opioid und Lokalanästhetikum initial subarachnoidal injiziert und anschließend eine Katheter-Peridu-

ralanalgesie (Lokalanästhetikum plus Opioid) fortgesetzt. Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen im raschen Wirkungseintritt und in der längeren Wirkdauer, während sich bei der Analgesiequalität, der motorischen Blockade und der instrumentellen Entbindungsrate keine wesentlichen Unterschiede ergeben. Im Vergleich mit der alleinigen periduralen Zufuhr von Opioiden wurde eine höhere Rate an Juckreiz und postspinalen Kopfschmerzen gefunden. Daher sollten Pencil-Point-Kanülen verwendet werden, um die Kopfschmerzrate zu senken.

### E b M

#### Bewertung der CSE für die geburtshilfliche Analgesie (Simmons et al. 2007; Cochrane-Review)

Es gibt kaum Gründe für eine CSE anstelle der Epiduralanalgesie für die normale Geburt, obwohl die CSE etwas schneller wirkt und weniger häufig mit Juckreiz einhergeht als die Epiduralanalgesie. Es ergeben sich hiermit keine Unterschiede in Zufriedenheit der Schwangeren, geburtshilflichem Verlauf und neonataler Prognose.

### Clonidin epidural

Clonidin ist ebenfalls als Zusatz zum Lokalanästhetikum für die Katheter-PDA verwendet worden. Es handelt sich um einen Off-Label-Gebrauch. Die Substanz soll die Analgesiequalität verbessern und die Wirkung verlängern. Allerdings muss mit einem sedierenden Effekt gerechnet werden, des Weiteren mit Kreislaufreaktionen wie Hypotension und Bradykardie. Insgesamt ist der Nutzen des Clonidin-Zusatzes für die geburtshilfliche Regionalanästhesie bislang nicht ausreichend geklärt und kann daher gegenwärtig nicht empfohlen werden.

### Praxis der geburtshilflichen Periduralanalgesie

#### Organisatorische Voraussetzungen

Nach den aktuellen Empfehlungen von BDA/DAGI sollten für die geburtshilfliche Periduralanalgesie folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Durchführung der Analgesie/Anästhesie in Räumen mit entsprechender Ausstattung für die Überwachung von Mutter und Fetus einschließlich technischer Möglichkeiten zur Beatmung und Wiederbelebung
- Durchführung und Überwachung der Analgesie nur durch einen in der Technik erfahrenen Arzt oder unter dessen unmittelbarer Aufsicht, wobei die Behandlung von Komplikationen und die Technik der kardiopulmonalen Wiederbelebung sicher beherrscht werden müssen
- Obligatorische Unterstützung des Arztes durch eine in der Regionalanästhesietechnik eingewiesene und erfahrene Person
- Venöser Zugang vor Beginn der Regionalanalgesie

### Vorbereitung der Patientin

Ist die Geburt bereits in Gang, steht meist nur wenig Zeit für eine umfassende Anästhesievisite zur Verfügung. Wenn immer möglich, sollten folgende Basismaßnahmen durchgeführt werden:

- Abstimmung mit dem Geburtshelfer; Information über alle relevanten geburtshilflichen Fakten wie Gestationsalter, Schwangerschaftskomplikationen, Kindslage, Zustand des Fetus, Risiko geburtshilflicher Blutungen, vorangegangene Sectio, Einsatz von Wehenmittel
- Kurze Erhebung der Vorgeschichte
- Körperliche Untersuchung: Herz, Lunge, Rücken
- Messen von Blutdruck und Herzfrequenz
- CTG-Kontrolle vor, während und für mindestens 30 min nach Anlage des Verfahrens
- Kurze einführende Aufklärung über die Risiken; Einholung des Einverständnisses
- Information der Patientin über den Ablauf der Periduralanalgesie
- Bei erhöhtem peripartalem Blutungsrisiko: Blutgruppe bestimmen, ggf. Blut kreuzen lassen; bei Placenta accreta oder percreta Blutkonserven bereithalten

Routinemäßige Untersuchungen der Blutgerinnung vor Regionalanästhesien sind nicht erforderlich. Folgendes sollte aber beachtet werden:

### M E R K E

Bei Präeklampsie, HELLP-Syndrom oder positiver Blutungsanamnese empfehlen BDA/DGAI eine weitergehende Untersuchung der Blutgerinnung.

Eine vaginale Entbindung nach vorausgegangener Sectio ist keine Kontraindikation für eine rückenmarksnah Analgesie mit niedrig dosierten Lokalanästhetika in Kombination mit Opioiden (ASA 2015).

#### Zeitpunkt der Katheteranlage und des Analgesiebeginns

Liegen Schwangerschaftskomplikationen vor, kann bereits sehr früh der Katheter gelegt und mit der Analgesie zu einem späteren Zeitpunkt begonnen werden. Folgendes ist zu beachten:

### E b M

#### Empfehlungen BDA/DGAI zur Durchführung von Analgesie- und Anästhesieverfahren in der Geburtshilfe

Die Epiduralanalgesie wird erst dann durchgeführt, wenn die Schwangere durch einen Geburtshelfer untersucht und der mütterliche und fetale Status sowie der Fortgang der Geburt erfasst worden sind. Das Abwarten einer willkürlich festgelegten Muttermundweite vor Beginn der Epiduralanalgesie sowie das Abklingen der Wirkung zur Austreibungsphase sind nicht erforderlich und werden auch von der ASA 2015 und der AOCG (American College of Obstetricians and Gynecologists) nicht empfohlen.

**Katheterperiduralanalgesie als Methode der Wahl** Die geburtshilfliche Periduralanalgesie sollte grundsätzlich über einen *mehrfachen* PDK erfolgen, da sie eine flexible Anpassung an den Bedarf der



**Tab. 50.2** Zielwerte bei massiven Blutungen/Massivtransfusionen (nicht evidenzbasiert)

Parameter	Angestrebter Wert
Thrombozytenzahl	mindestens 50–80 G/l, bei SHT mindestens 80–100 G/l
Fibrinogen	> 150–200 mg/dl
PT/INR	< 1,5-Fache des mittleren Normbereichs; Einzelfaktoren > 30 % der normalen Aktivität
PTT	< 1,5-Fache des mittleren Normbereichs; Einzelfaktoren > 30 % der normalen Aktivität
Hämatokrit	≥ 30 %
Ionisiertes Calcium	Im Normbereich halten

Außerdem werden **blutstillend wirkende Medikamente** eingesetzt werden:

- Antifibrinolytika: Tranexamsäure so früh wie möglich bzw. innerhalb von 3 h nach Trauma: initial 1 g i. v. über 10 min, dann Infusion von 1 g über 8 h
- Desmopressin (DDAVP) 0,3 µg/kg KG; nicht routinemäßig, sondern bei Patienten, die Thrombozytenaggregationshemmer einnehmen oder bei Patienten mit Von-Willebrand-Syndrom
- Rekombinanter Faktor VIIa: als Ultima Ratio, wenn die Standardmaßnahmen versagt haben und folgende Voraussetzungen erfüllt sind (= Off-Label-Use):
  - Hämatokrit > 24 %
  - Fibrinogen ≥ 150–200 mg/dl
  - Thrombozyten ≥ 50–100 G/l
  - Einsatz von Antifibrinolytika
  - pH-Wert ≥ 7,2
  - Normokalzämie
  - Normothermie

### MERKE

Eine prophylaktische Zufuhr von Gerinnungspräparaten und Thrombozytenkonzentraten ist beim Traumapatienten trotz möglicherweise pathologischer Laborparameter nicht sinnvoll, solange keine klinisch manifeste Blutung besteht. Indiziert ist aber die frühzeitige Zufuhr von Tranexamsäure zur Hemmung der Fibrinolyse. Hierdurch wird die Mortalitätsrate blutender Traumapatienten gesenkt (Roberts et al. 2012, Cochrane-Review).

## 50.2.11 Kardiovaskuläre Medikamente

Nicht immer kann durch aggressive Flüssigkeitssubstitution allein ein niedriger Blutdruck wieder normalisiert werden; vielmehr sind gelegentlich ergänzend kardiovaskuläre Medikamente erforderlich, um die Herz-Kreislauf-Funktion zu unterstützen. Bevor sympathoadrenerge Substanzen wie z. B. Noradrenalin eingesetzt werden, sollten jedoch andere Ursachen der Hypotension ausgeschlossen werden. Hierzu gehören:

- Spannungspneumothorax
- Herztamponade
- Kompression der V. cava durch chirurgische Maßnahmen
- Fehlanzeige des Blutdruckmonitors

Bei akuter Entlastung einer intraabdominalen Blutung kann der Blutdruck trotz ausreichender Volumensubstitution erniedrigt bleiben, weil der periphere Gefäßwiderstand drastisch abgefallen ist. Bei solchen Patienten mit offenkundiger Normovolämie können Vasopressoren wie Noradrenalin eingesetzt werden, um den arteriellen Blutdruck zu normalisieren.

**Dobutamin** kann bei Störungen der Myokardfunktion indiziert sein, Vasodilatoren bei Hypertension oder Myokardischämie. Intraoperative Herzrhythmusstörungen beruhen zumeist auf Elektrolytstörungen, Hypoxie, Azidose, Hypothermie, beim schweren Thoraxtrauma gelegentlich auch auf einer Myokardkontusion. Antiarrhythmika sind meist nicht erforderlich, wenn die auslösenden Faktoren beseitigt werden können. Eine Tachykardie beruht fast immer auf einer Hypovolämie oder auf einer zu flachen Narkose.

## 50.2.12 Intraoperative Komplikationen

Massive Blutverluste gehören zu den häufigsten und schwerwiegendsten Problemen während der Operation, gefolgt von Komplikationen durch bislang nicht erkannte Verletzungen.

### Bislang nicht erkannte Verletzungen

Grundsätzlich sollte der Anästhesist mit der Möglichkeit rechnen, dass sich bislang nicht erkannte Verletzungen während der Narkose manifestieren und zu teils lebensbedrohlichen Komplikationen führen können. Hierzu gehören:

- Pneumothorax, Spannungspneumothorax, Hämatothorax, Lungenkontusion
- Verletzungen des Herzens und der großen Gefäße
- Zwerchfellruptur
- Verletzungen des Urogenitaltrakts
- Verletzungen der Muskulatur und des Skelettsystems
- Verletzungen peripherer Gefäße
- Schädel-Hirn-Trauma

### Anhaltende Hypotension

Zu den wichtigsten Ursachen eines anhaltend niedrigen Blutdrucks während der Operation gehören Blutungen (anhaltend niedrige Hb-/Hkt-Werte), Spannungspneumothorax und Verletzungen des Herzens; demgegenüber spielen Vorerkrankungen des Herzens, allergische Reaktionen, Fehltransfusion von Blut usw. eine eher untergeordnete Rolle.

**Blutungen** Häufigste Ursache der intraoperativen Hypotension sind anhaltende Blutungen, meist okkult in Thorax, Becken oder Abdomen, aber auch offen aus Gefäßverletzungen der Extremitäten oder der Kopfschwarte. Zu den wesentlichen Behandlungsmaßnahmen gehören Blutstillung und Blutersatz mit Kristalloiden, Kolloiden, Erythrozytenkonzentrat und Frischplasma/Fibrinogen, bei Bedarf auch der gezielte Ersatz von Gerinnungsfaktoren.

**Spannungspneumothorax** Diese bedrohliche Komplikation wird durch die maschinelle Beatmung verstärkt und muss daher sofort erkannt und durch Drainage des Thorax behandelt werden.

**Herzverletzungen** Myokardkontusion (meist des rechten Ventrikels), Perikardtamponade, Verletzungen der Herzgefäße, der Herzklappen und Septumperforation können Ursache einer anhaltenden intraoperativen Hypotension sein.

## Elektrolyt- und Säure-Basen-Störungen

**Hyperkaliämie** Nicht selten entwickelt sich beim Traumapatienten intraoperativ eine Hyperkaliämie. Zu den wichtigsten Ursachen gehören anhaltender Schock, Reperfusion ischämischer Organe und die Zufuhr großer Mengen von Blutkonserven. Es empfiehlt sich, intraoperativ das Serumkalium wiederholt zu bestimmen, damit im Notfall rasch therapeutische Maßnahmen ergriffen werden können. Hierzu gehören: Glukose-/Insulininfusion, Natriumbikarbonat und Kalziumchlorid.

**Metabolische Azidose** Häufigste Ursache einer intraoperativen metabolischen Azidose ist der anhaltende Schock; andere, jedoch seltene Ursachen sind u. a. diabetische Ketoazidose, alkoholische Ketoazidose, alkoholische Laktatazidose, Kohlenmonoxidvergiftung und Zyanidintoxikation. Wichtigste therapeutische Maßnahme ist die Beseitigung der auslösenden Faktoren; die Zufuhr von Natriumbikarbonat ist selten sinnvoll.

## Tod auf dem Operationstisch

Akutoperationen bei Schwerverletzten gehen mit einer erhöhten Mortalität einher. Etwa 0,7 % dieser Patienten sterben im Verlauf der Operation, davon ca. 80 % an unstillbaren Blutungen. Andere wichtige Ursachen sind Einklemmungen des Hirnstamms und Luftembolien. Durch folgende Maßnahmen kann die intraoperative Mortalität vermutlich gesenkt werden:

- Konzentration auf die Versorgung lebensbedrohlicher Verletzungen anstelle einer definitiven Versorgung
- Gleichzeitige Laparotomie und Thorakotomie zur Versorgung thorakoabdominaler Verletzungen
- Angemessene Behandlung retroperitonealer Hämatome
- Frühzeitige Korrektur von Hypothermie und Schock

### 50.2.13 Frühe postoperative Phase

Schwerverletzte und Polytraumatisierte bedürfen nach der Operation einer Intensivüberwachung und -behandlung. Sie sollten bei stabiler Herz-Kreislauf-Funktion unter Fortführung der Beatmung und Analgosedierung direkt auf die ITS transportiert werden. Hierbei müssen die in > Kap. 50.2.4 beschriebenen Grundsätze für den Transport beachtet werden. Soll der Traumapatient hingegen im Operationssaal erwachen und bereits dort oder im Aufwachraum extubiert werden, so müssen hierfür folgende **Kriterien** erfüllt sein:

- Ausreichende Spontanatmung ohne Hinweise auf zu erwartende schwere respiratorische Störungen, z. B. durch Lungenkontusion, Thoraxwandinstabilität
- Stabile Herz-Kreislauf-Funktion
- Wacher und orientierter Patient
- Körperkerntemperatur > 35 °C
- Keine wesentlichen Verletzungen im Bereich der oberen Atemwege
- Kein schweres Schädel-Hirn-Trauma

Kurz nach Ankunft im Aufwachraum (oder auf der ITS) und in der anschließenden Überwachungsphase ist eine erneute Einschätzung des traumatisierten Patienten erforderlich. Das Hauptaugenmerk gilt hierbei folgenden Funktionen und Parametern:

- Blutdruck und Herzfrequenz, evtl. auch zentraler Venendruck
- Ventilation und Gasaustausch
- Neuromuskuläre Funktion (Restrelaxierung?)
- Neurologischer Status, vor allem Bewusstseinslage, Pupillen, motorische Reaktionen
- Körpertemperatur
- Urinausscheidung bzw. Nierenfunktion
- Laborparameter, insb. Hämoglobin, Hämatokrit, Elektrolyte, Blutgase, Säure-Basen-Parameter, Blutzucker, Gerinnungsstatus

**Postoperative Schmerztherapie** Eine ausreichende postoperative Schmerztherapie ist für Polytraumatisierte oder Patienten mit schweren Einzelverletzungen nicht nur aus humanitären Gründen zwingend erforderlich. Vielmehr können hierdurch häufig auch die Ventilation und der pulmonale Gasaustausch günstig beeinflusst werden, so z. B. nach Oberbaucheingriffen, Thorakotomien oder Verletzungen des Brustkorbs. Zu den wichtigsten Verfahren gehören die Analgosedierung beim beatmeten Patienten und regionale Anästhesieverfahren (vor allem Periduralanästhesie) bei wachen Patienten. Einzelheiten sind in > Kap. 30 dargestellt. Im Aufwachraum erfolgt die Schmerztherapie gewöhnlich i. v. mit Opioiden.

## 50.3 Spezielle Anästhesie

### 50.3.1 Schädel-Hirn-Trauma

Die Initialbehandlung des Schädel-Hirn-Traumas ist darauf ausgerichtet, sekundäre Hirnschäden durch Ischämie, Hirnschwellung und -ödem, intrakranielle Blutungen, intrakranielle Hypertension und Einklemmung des Gehirns zu vermeiden. Sekundäre Hirnschäden werden in der perioperativen Phase vor allem durch folgende Faktoren begünstigt:

- Hypoxie
- Hyperkapnie
- Hypotension
- Anämie
- Hyperglykämie

Nur wenn diese Faktoren bereits in der Frühphase der Behandlung verhindert oder sofort beseitigt werden, lässt sich die Prognose von Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma verbessern.

**Prioritäten der Behandlung** Die wichtigsten Indikationen für Notoperationen bei Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma sind:

- Epidurale, subdurale oder intrazerebrale Hämatome
- Impressionsfrakturen des Schädels
- Implantation einer Sonde zur Hirndruckmessung
- Dekompression des Gehirns
- Unaufschiebbare nichtneurochirurgische Notoperationen

Zeitverzögerungen verschlechtern vor allem bei intrakraniellen Blutungen die Prognose des Patienten. Ist daher die Indikation zur Notoperation gestellt worden, sollte keine weitere Zeit mehr verloren gehen, sondern umgehend operiert werden. Die präoperative Einschätzung, Untersuchung und Vorbereitung des Patienten müssen sich meist auf das Allernotwendigste beschränken. Die wichtigsten Ziele des anästhesiologischen Vorgehens sind die Aufrechterhaltung einer ausreichenden Hämodynamik und die Vermeidung sekundärer Hirnschäden, insbesondere durch Anstieg des intrakraniellen Drucks. Hierbei ist zu beachten, dass alle anästhesiologischen Maßnahmen die intrakranielle Dynamik – Hirndurchblutung, zerebralen Sauerstoffverbrauch und intrakraniellen Druck – beeinflussen können.

**Narkoseeinleitung** Bei schwerem Schädel-Hirn-Trauma sind trotz primärer Bewusstlosigkeit eine ausreichende Narkosetiefe und Muskelrelaxierung erforderlich, um einen Anstieg des intrakraniellen Drucks durch Husten, Pressen oder stärkere Abwehrbewegungen zu vermeiden. Für die Narkoseeinleitung sollten Substanzen bevorzugt werden, die den zerebralen Sauerstoffbedarf, die Hirndurchblutung und den intrakraniellen Druck senken. Hierzu gehören Propofol und Midazolam oder das Barbiturat Thiopental. Allerdings müssen diese Substanzen, wie oben dargelegt, bei Hypovolämie besonders vorsichtig dosiert werden, um einen bedrohlichen Abfall des zerebralen Perfusionsdrucks zu vermeiden.

Ketamin kann nach i.v. Injektion einer Einleitungsdosis die Hirndurchblutung und den intrakraniellen Druck steigern, ist jedoch in reduzierter Dosierung – in Kombination mit Midazolam oder Propofol – für die Narkoseeinleitung bei hämodynamisch instabilen Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma geeignet.

**Aufrechterhaltung der Narkose** Bei Patienten mit erhöhtem intrakraniellen Druck wird die Narkose gewöhnlich mit Opioiden (z. B. Remifentanyl oder Sufentanyl) in Kombination mit einem i. v. Anästhetikum (z. B. Propofol) aufrechterhalten. Inhalationsanästhetika einschließlich Lachgas sollten bei diesen Patienten nicht eingesetzt werden, da sie vor allem in höherer Dosierung (> 1 MAC) eine ausgeprägte zerebral vasodilatierende Wirkung haben und somit zu einem Anstieg des intrakraniellen Blutvolumens und des intrakraniellen Drucks führen können (Desfluran > Isofluran > Sevofluran).

**Volumentherapie** Auch beim Schädel-Hirn-Trauma sollte eine Normovolämie angestrebt werden. Flüssigkeitsrestriktion zum „Trockenhalten“ des Gehirns gilt als überholt; übermäßige Volumenzufuhr verstärkt das Hirnödem. Beim Volumenersatz müssen Infusionslösungen vermieden werden, die zu einer Abnahme der Plasmaosmolarität führen, weil hierdurch die Hirnschwellung begünstigt wird. Entsprechend dürfen hypotone kristalloide Lösun-

gen wie 5-prozentige Glukose, Ringer-Laktat oder 0,9-prozentiges NaCl nicht infundiert werden. Mittel der Wahl sind vielmehr isotonische Kochsalzlösungen, modifizierte Ringer-Lösungen mit Acetat oder Malat und kolloidale Lösungen.

**Beatmung** Während der Operation werden alle Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma kontrolliert beatmet. Hingegen wird die kontrollierte Hyperventilation, früher Standardverfahren bei erhöhtem Hirndruck wegen der Gefahr der Hirnischämie, allenfalls notfallmäßig bei drohender Einklemmung angewandt. Anzustreben sind vielmehr CO<sub>2</sub>-Werte an der unteren Normgrenze (32 bis 35 mmHg). Ein PEEP von < 10 cmH<sub>2</sub>O scheint den Hirndruck nicht maßgeblich zu beeinflussen.

**Intraoperative Hirnschwellung, Herniation im Operationsgebiet** Diesen bedrohlichen Komplikationen können u. a. folgende Auslöser zugrunde liegen:

- Falsche Lagerung des Patienten
- Behinderung des venösen Abflusses durch Kompression
- Hydrozephalus durch intraventrikuläre Blutung
- Kontralaterales intrazerebrales Hämatom
- Übermäßige Volumenzufuhr, Hyponatriämie
- Hyperkapnie
- Hypoxie
- Hämatothorax
- Hoher intraabdominaler Druck
- Zu hohe Atemwegsdrücke

Primär müssen die auslösenden Faktoren beseitigt werden. Zu den ergänzenden Maßnahmen gehören die Infusion von Osmotherapeutika (z. B. Mannitol) sowie eine ausreichend tiefe Narkose.

**Hypotonie, Schock** Eine ausgeprägte Hypovolämie oder ein hämorrhagischer Schock ist beim Erwachsenen *niemals* durch eine intrakranielle Blutung allein bedingt. Darum muss in solchen Fällen immer umgehend nach anderen Blutungsquellen gesucht werden. Anhaltende Hypotension muss unbedingt vermieden werden, um das Gehirn nicht sekundär zu schädigen, ebenso eine permissive Hypotension zur Kontrolle anhaltender Blutungen. Angestrebt wird ein systolischer Blutdruck von mindestens 90 mmHg bzw. ein zerebraler Perfusionsdruck von mindestens 65 mmHg. Spricht der Patient nicht sofort auf Volumenzufuhr an, sollte der arterielle Mitteldruck mit Vasopressoren angehoben werden.

**Narkoseausleitung** Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma werden nach der Operation unter Fortführung der kontrollierten Beatmung und Aufrechterhaltung der Anästhesie auf die Intensivstation transportiert. Während des Transports ist eine kontinuierliche Überwachung des zerebralen Perfusionsdrucks sowie der Oxygenierung (Pulsoxymeter) und Ventilation (Kapnometer), wenn möglich auch des intrakraniellen Drucks erforderlich. Husten, Pressen und Blutdruckanstiege müssen hierbei vermieden werden, da hierdurch intrakranielle Blutungen ausgelöst werden können. Blutdruckanstiege können mit z. B. mit Urapidil behandelt werden.

### 50.3.2 Hüftfrakturen

Die Hüftfraktur ist eine Verletzung des älteren Menschen: Etwa 85 % der Patienten sind älter als 65 Jahre; Frauen sind wegen ihrer Neigung zu Osteoporose 2- bis 3-mal häufiger betroffen als Männer. Häufigster Unfallmechanismus bei alten Menschen ist der Sturz zu Hause, bei jüngeren Patienten hingegen sind es Verkehrs- und Arbeitsunfälle sowie Stürze aus großer Höhe oder Sportunfälle. Junge Patienten mit Hüftfrakturen aufgrund eines Verkehrsunfalls weisen zumeist keine wesentlichen Vorerkrankungen auf, jedoch bestehen häufig schwere multiple Verletzungen, die wiederholte Operationen und eine langwierige Intensivtherapie erfordern. Bei der sturzbedingten Hüftfraktur des alten Menschen handelt es sich hingegen meist um eine isolierte Verletzung, jedoch bestehen fast immer therapiebedürftige Vorerkrankungen, die für die anästhesiologische Versorgung von wesentlicher Bedeutung sind (➤ Box 50.8).

#### BOX 50.8

##### Häufige Begleiterkrankungen bei geriatrischen Patienten mit Hüftfrakturen

###### Herz-Kreislauf-Erkrankungen:

- Hypertonie
- Herzinsuffizienz
- Vorhofflimmern
- Erregungsleitungsstörungen
- Sinusknotensyndrom
- Ventrikuläre Extrasystolen
- Angina pectoris
- Myokardinfarkt in der Vorgeschichte
- Durchblutungsstörungen

###### Respiratorische Erkrankungen:

- Reaktive Atemwegserkrankungen
- Lungenemphysem
- Pneumonie

###### Neurologisch-psychiatrische Erkrankungen:

- Zerebrovaskuläre Störungen
- Demenz
- Parkinson-Syndrom
- Epilepsie

###### Endokrine Erkrankungen:

- Diabetes mellitus
- Schilddrüsenerkrankungen

###### Sonstiges:

- Taubheit
- Glaukom
- Katarakt
- Arthritis
- Verwahrlosung

**Der dehydrierte Patient** Mit zunehmendem Alter nehmen auch das Durstgefühl und die Trinkmenge ab, sodass häufig eine Dehydratation mit Hypovolämie besteht, die wiederum perioperativ zu bedrohlichen Blutdruckabfällen prädisponiert. Darum muss der Volumenstatus des Patienten präoperativ besonders sorgfältig eingeschätzt werden: Neben der körperlichen Untersuchung (Hautturgor, Beschaffenheit der Zunge) können hierfür Urinausscheidung und -osmolalität, arterieller Blutdruck, Serumlaktat und Hämokrit herangezogen werden.

#### MERKE

Ein normaler oder erhöhter Hämatokritwert kann bei alten Menschen bereits Hinweis auf eine Dehydratation mit Hypovolämie sein.

Eine klinisch relevante Dehydratation muss präoperativ durch ausreichende, aber vorsichtige Volumen- und Elektrolytzufuhr korrigiert werden.

### Pathophysiologische Veränderungen durch das Trauma

Der arterielle  $pO_2$  ist bei älteren Patienten mit Hüftfraktur meist niedriger, als altersbedingt zu erwarten ist, ohne dass sich auf dem Röntgenbild Hinweise auf eine pulmonale Erkrankung finden ließen. Der Totraumanteil der Ventilation ist bei der großen Mehrzahl der Patienten in den ersten 5 Tagen nach dem Unfall erhöht. Des Weiteren kann sich wegen der Immobilisierung eine tiefe Venenthrombose entwickeln, gelegentlich auch eine Lungenembolie. In den ersten 12–24 h nach dem Unfall steigen Fibrinogenkonzentration, Thrombozytenzahl und Faktor-VIII-Aktivität an, und es entwickelt sich eine Hyperkoagulabilität.

### Zeitpunkt der Operation

Die operative Versorgung soll möglichst innerhalb der ersten 24 h nach dem Unfall erfolgen. Bei Patienten mit schweren Grunderkrankungen besteht jedoch weitgehende Einigkeit, dass wesentliche präoperative Abweichungen wie z. B. schwere kardiopulmonale Funktionsstörungen, Anämie, Hyperglykämie, massive Dehydratation ausreichend stabilisiert werden sollten, bevor mit der Operation begonnen wird – nach Ansicht einiger Autoren auch dann, wenn hierdurch die Operation nicht mehr am Unfalltag durchgeführt werden kann.

### Wahl des Anästhesieverfahrens: Allgemeinanästhesie, Spinalanästhesie oder Periduralanästhesie?

Regionale Anästhesieverfahren, insbesondere die Spinalanästhesie (auch einseitig), werden von vielen Anästhesisten für die operative Versorgung von Hüftfrakturen bei älteren Patienten bevorzugt. Als Vorteile werden angeführt:

- Geringerer intraoperativer Blutverlust
- Abschwächung der Stressreaktion durch Trauma und Operation
- Weniger Thrombembolien

Ein günstiger Effekt der Spinalanästhesie auf den postoperativen mentalen Status des Patienten wurde demgegenüber nicht nachgewiesen. Entsprechend tritt die **postoperative Verwirrtheit** bei regionalen Anästhesieverfahren für Hüftoperationen mit gleicher Häufigkeit auf wie nach einer Allgemeinnarkose. Als wesentliche Risikofaktoren für postoperative Verwirrtheit gelten vorbestehende mentale Störungen und die Einnahme von Medikamenten mit anticholinergischer Wirkung, z. B. verschiedene Psychopharmaka. Jedoch muss bei postoperativer Verwirrtheit immer auch in eine Hypoxie gedacht werden!



**Einfluss des Anästhesieverfahrens auf die Mortalität** Trotz Vorteile der regionalen Anästhesieverfahren ist insgesamt im Vergleich mit der Allgemeinanästhesie kein wesentlicher Einfluss auf die perioperative Mortalität nachweisbar. So fand sich in 5 von 7 prospektiven randomisierten Studien (allerdings mit kleinen Patientenkollektiven) kein Unterschied in der Kurzzeit- und Langzeitmortalität zwischen Regional- und Allgemeinanästhesie für die operative Versorgung von Hüftfrakturen. Aus zwei neueren prospektiven Studien an jeweils mehr als 500 Patienten ergab sich auch kein Unterschied in der Kurz- und Langzeitmortalität zwischen Spinal- und Allgemeinanästhesie. Vielmehr zeigte sich hierbei eine eindeutige Beziehung zwischen Mortalität und vorbestehenden Erkrankungen und/oder postoperativen Komplikationen.

## E b M

### Cochrane-Review (Guay et al. 2016)

In der Metaanalyse fand sich kein Unterschied in der 1-Monats-Mortalität zwischen neuroaxialer Blockade und Allgemeinanästhesie, auch nicht in der Häufigkeit von Pneumonie, Myokardinfarkt, Schlaganfall, akuter Verwirrtheit, Herzinsuffizienz, akutem Nierenversagen, Lungenembolie, Transfusionsrate, OP-Dauer und Krankenhausverweildauer. Wurde prophylaktisch niedermolekulares Heparin eingesetzt, ergab sich auch in der Häufigkeit einer tiefen Venenthrombose zwischen beiden Verfahren kein Unterschied. Ohne Prophylaxe war jedoch das Thromboserisiko mit neuroaxialen Verfahren geringer als mit Allgemeinanästhesie.

## Postoperative Schmerzbehandlung

Sie erfolgt initial parenteral, später oral mit Analgetika. Häufig werden auch verschiedene Arten von Nervenblockaden mit Lokalanästhetika empfohlen.

### 50.3.3 Das verletzte Kind

Der Anteil von Kindern an den im Krankenhaus behandelten traumatisierten Patienten ist mit 25 % zwar relativ klein, jedoch gehören Unfälle zu den häufigsten Todesursachen jenseits des 1. Lebensjahres bis hin zum Jugendalter. Bei den Unfallmechanismen findet sich eine typische Abhängigkeit vom Lebensalter:

- Bei Säuglingen im 1. Lebensjahr häusliche Unfälle wie z. B. ein Sturz vom Wickeltisch
- Danach Verkehrsunfälle mit einem Maximum bei den 15- bis 19-Jährigen

Eine saisonale Abhängigkeit der Unfallmuster von Kindern findet sich ebenfalls: Im Sommer überwiegen Verkehrsunfälle, im Herbst und Winter Stürze und Verbrennungen. Unter den schweren Verletzungen spielen stumpfe Traumen eine herausragende Rolle, gefolgt von Schädel-Hirn-Traumen. Die Hälfte der polytraumatisierten Kinder stirbt bereits am Unfallort, bedingt durch schwerste Hirnverletzungen, massive Blutungen oder Verletzungen des Rückenmarks. In den nachfolgenden Stunden sind überlebende polytraumatisierte Kinder vor allem durch pulmonale Aspiration, anhaltende Blutverluste und Hirntraumen bedroht, im Verlauf der nächsten Tage oder Wochen durch Sepsis, ARDS und Multiorganversagen.

## Anästhesie bei leichten Verletzungen

Verletzungen eines ISS-Schweregrades von  $\leq 9$  werden als leicht bezeichnet; hierzu gehören ca. 80 % aller Verletzungen beim Kind. Am häufigsten sind Schürf- und Risswunden sowie Frakturen der langen Röhrenknochen, während leichte Verbrennungen ( $< 10\%$  KOF) nur einen geringen Prozentsatz umfassen.

Die Behandlung leichter Verletzungen beginnt erst dann, wenn schwere oder gar lebensbedrohliche Verletzungen sicher ausgeschlossen wurden. Steht fest, dass es sich nur um eine leichte, aber schmerzhafte Verletzung handelt, sollte vorrangig für eine ausreichende Analgesie und Beruhigung gesorgt werden. Verständigen Kindern sollte in einfachen Worten erklärt werden, was passiert ist und welche Maßnahmen geplant sind. Bei Allgemeinanästhesie muss das erhöhte Aspirationsrisiko nicht nüchterner Kinder berücksichtigt werden.

### Aspirationsrisiko – präoperative Nahrungskarenz

Traumatisierte Kinder weisen ein erhöhtes Aspirationsrisiko auf! Präventive Maßnahmen, durch die eine pulmonale Aspiration sicher vermieden werden kann, gibt es beim Kind ebenso wenig wie beim Erwachsenen. Auch eine Verschiebung des dringlichen Eingriffs um ca. 6 h ist keine Garantie für eine sichere Magenentleerung.

## Allgemeinanästhesie

Beim verletzten Kind werden die gleichen Verfahren der Allgemeinanästhesie eingesetzt wie beim Erwachsenen. Bei Kindern mit vollem Magen sollte die Narkose immer *intravenös* eingeleitet werden, nicht per Inhalation. Nach Narkoseeinleitung und tiefer Anästhesie erfolgt – im Unterschied zum Erwachsenen – eine vorsichtige Maskenbeatmung, um eine gute Oxygenierung bis zum Erreichen einer suffizienten Muskelrelaxation zu gewährleisten. Es gibt keinen hinreichenden Grund, Succinylcholin zur Ileuseinleitung bei Kindern zu verwenden. Bei vollem Magen sollten möglichst regionale Anästhesieverfahren durchgeführt werden.

## Sedierung

Abhängig von Art und Dauer des Eingriffs, der Maßnahme und den besonderen Umständen wie z. B. voller Magen, können Sedierungsverfahren, bei schmerzhaften Prozeduren auch in Kombination mit Lokalanästhesie oder systemisch verabreichten Analgetika, durchgeführt werden. Für nicht schmerzhafte kürzere Eingriffe sind folgende Substanzen geeignet:

- **Midazolam** 0,025–0,1 mg/kg KG i. v.; 0,3–0,5 mg/kg KG sublingual oder intranasal; 0,5–0,7 mg/kg KG oral oder rektal; Wirkungseintritt nach i. v. Injektion sofort, bei nasaler und sublingualer Gabe nach ca. 10–15 min
- **Propofol** 3–12 mg/kg/h über Perfusor (Kontraindikation: voller Magen)

Bei schmerzhaften Eingriffen reichen diese Substanzen nicht aus, sondern müssen durch Analgetika ersetzt werden, z. B.:

- **Fentanyl** als Bolus von ca. 0,5–1 µg/kg KG i. v.
- **Ketamin** 0,25–0,5 mg/kg KG i. v. oder 1,5–4 mg/kg KG i. m.

Barbiturate sollten hingegen nicht für die Sedierung von Kindern eingesetzt werden. Ein Bewusstseinsverlust durch höhere Dosen Midazolam oder Propofol muss vermieden werden, da er meist mit einer Obstruktion der oberen Atemwege einhergeht. Fentanyl wiederum kann zu bedrohlicher Apnoe führen, sodass der Antagonist Naloxon bereitstehen sollte. Apnoen können auch nach höheren Dosen von Ketamin auftreten, sind aber bereits nach Dosen von 4 mg/kg KG beschrieben worden. Ist ein tieferer Sedierungsgrad beim nichtnüchternen Kind erforderlich, sollte wegen der erhöhten Aspirationsgefahr eine Intubationsnarkose bevorzugt werden. Angesichts dieser Gefahren sollten die beschriebenen Sedierungsverfahren bei verletzten Kindern möglichst *nur* von einem in der Kinderanästhesie erfahrenen Anästhesisten durchgeführt werden.

### Regionalanästhesie bei kleineren Eingriffen

Ist das verletzte Kind kooperativ und hämodynamisch stabil, kann für zahlreiche Operationen eine Regionalanästhesie, bei Bedarf ergänzt durch Sedierung oder Allgemeinnarkose, durchgeführt werden. Wichtigster Vorteil ist die gute postoperative Analgesie und – bei Kombination mit einer Allgemeinnarkose – das schmerzfreie Erwachen. Die Indikation für regionale Anästhesieverfahren hängt von den besonderen Umständen und von den Wünschen des Kindes, der Eltern und des Operators ab. Mögliche **Indikationen** sind:

- Wunsch des Kindes und der Eltern
- Voller Magen
- Begleiterkrankungen (z. B. Asthma oder zystische Fibrose)
- Disposition zu maligner Hyperthermie

Die (Kontra-)Indikationen und Technik entsprechen denen beim Erwachsenen (➤ Kap. 24); fehlende Zustimmung der Eltern stellt eine absolute Kontraindikation dar. Die peripheren Nervenblockaden sollten bevorzugt ultraschallgesteuert von einem in der Technik erfahrenen Anästhesisten durchgeführt werden. Je nach Alter und Kooperation wird die Blockade am wachen Kind, unter leichter Sedierung oder in Allgemeinnarkose durchgeführt.

### Obere Plexusblockaden

**Interskalenärer Block** Das Verfahren ist bei Operationen an der Schulter und am Oberarm indiziert. Zu den häufigsten unerwünschten Nebenwirkungen gehört die Blockade des N. phrenicus und des N. recurrens. Daher sollte der interskalenäre Block bei Operationen an Unterarm, Handgelenk oder Hand nicht angewandt werden.

**Axilläre Plexusblockade** Der Block ist auch bei kleinen Kindern einfach durchzuführen und eignet sich gut für Operationen am Unterarm oder an der Hand. Neben der Einzelinjektion ist auch eine kontinuierliche Anästhesie über einen Plexuskatheter möglich. Für eine ausreichende Blockade des axillären Plexus sind z. B. 0,5 ml/kg KG Ropivacain 0,2 % erforderlich, alternativ 0,7 ml/kg KG Mepivacain 1 %.

**Intravenöse Regionalanästhesie (Bier-Block)** Das Verfahren kann bei distalen Verletzungen des Armes einschließlich der Reposition von Frakturen eingesetzt werden. Die Technik entspricht der für den Erwachsenen. Das erforderliche Volumen des Lokalanästhetikums hängt vom Lebensalter ab:

- 1–4 Jahre: 10–15 ml
- 5–7 Jahre: 15–20 ml
- 8–12 Jahre: 20–30 ml

### Nervenblockaden der unteren Extremität

Für eine vollständige Anästhesie der unteren Extremität müssen der N. ischiadicus und der N. femoralis blockiert werden; entsprechend ist die Technik wenig gebräuchlich.

**Femoralisblockade** Der Nerv (L2–4) versorgt motorisch den M. quadriceps und sensorisch die Haut des vorderen Oberschenkels sowie das Periost des Femurschafts. Nützlich ist daher die Femoralisblockade bei Femurschaftfrakturen, da hierdurch Schmerzen und Spasmen der Quadrizepsmuskulatur gelindert und entsprechend diagnostische Maßnahmen, andere Manipulationen und der Transport erleichtert werden.

### Spinal- und Periduralanästhesie

Rückenmarknahe Verfahren sind auch bei Kindern grundsätzlich möglich, werden aber insgesamt eher selten angewandt, vor allem wegen der häufig nicht vorhandenen Kooperation und des meist größeren technischen Schwierigkeitsgrades.

**Spinalanästhesie** Bei Kindern gehört dieses Verfahren, abgesehen von ehemaligen Frühgeborenen mit Gefährdung durch Apnoen, zu den Raritäten. Bei Neonaten muss die Punktion unterhalb von L3 erfolgen; der Zugang zwischen L5–S1 wird meist bevorzugt. Die Punktion wird am sitzenden oder liegenden Kind durchgeführt; der Kopf muss hierbei, im Gegensatz zum Erwachsenen, extendiert werden, um eine Atemwegsobstruktion zu vermeiden.

**Periduralanästhesie** Auch dieses Verfahren wird bei kleinen Kindern nur sehr selten durchgeführt, wenngleich ein spezielles Zubehör einschließlich Periduralkathetern erhältlich ist.

**Kaudalanästhesie** Bei dieser modifizierten Periduralanästhesie wird das Lokalanästhetikum durch das Lig. sacrococcygeum des Hiatus sacralis in den kaudalen Periduralraum injiziert. Das Verfahren ist technisch einfach und erfolgt meist in Allgemeinanästhesie. Indikationen sind Eingriffe im Unterbauch, am Penis oder an den Beinen.

## Anästhesie bei schweren Verletzungen

### Präoperative Einschätzung

**Vorgeschichte** Die Bedeutung der Vorgeschichte für die Versorgung des Kindes kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. So sollten die Bezugspersonen gezielt nach dem Gesundheitszustand

des Kindes, Vorerkrankungen, früheren Narkosen, Vormedikation und Allergien befragt werden. Wichtig sind weitere Informationen über Ablauf und Umstände des gegenwärtigen Unfalls, da hierdurch die Aufmerksamkeit des Untersuchers auf spezielle Verletzungen gerichtet werden kann.

**Initiale Einschätzung** Alle Kinder mit schweren Verletzungen bedürfen einer umfassenden und systematischen körperlichen Untersuchung. Zunächst muss die Notwendigkeit rascher Interventionen eingeschätzt werden. Hierbei haben Atemwege, Atmung und Herz-Kreislauf-Funktion oberste Priorität. Sind die Atemwege nicht frei oder die Schutzreflexe z. B. durch Bewusstlosigkeit eingeschränkt oder aufgehoben, so sollte bereits in der Notaufnahme endotracheal intubiert werden. Die Atemfunktion wird klinisch beurteilt und durch Anwendung eines Pulsoxymeters (Oxygenierung) oder bei Bedarf durch die Durchführung arterieller (oder kapillärer) Blutgasanalysen (Ventilation und Oxygenierung) ergänzt. Sind Thoraxdrainagen erforderlich, so sollten sie vor Beginn der Operation angelegt werden. Sodann wird die **Herz-Kreislauf-Funktion** eingeschätzt. Bestimmt werden arterieller Blutdruck und Herzfrequenz. Ein niedriger Blutdruck, meist mit Tachykardie und peripherer Vasokonstriktion, weist auf eine **Hypovolämie** hin, erneute Hypotension nach initialer Besserung durch Volumenzufuhr auf anhaltende Blutverluste. Ein isoliertes Schädel-Hirn-Trauma ist beim älteren Kind – im Gegensatz zum Kleinkind mit offenen Schädelnähten – fast nie alleinige Ursache eines hämorrhagischen Schocks, sodass immer nach Begleitverletzungen gesucht werden muss. Eine **Herztamponade** ist beim Kind ebenfalls möglich, allerdings eine seltene Komplikation. Hinweise sind: Dyspnoe, fadenförmiger schwacher Puls, gestaute Halsvenen und abgeschwächte Herztöne.

**Neurologischer Status** Unabdingbar sind die Einschätzung der Bewusstseinslage und die Suche nach Zeichen der fokalen Hirnschädigung. Fokale Störungen können auf eine intrakranielle oder spinale Raumforderung hinweisen. Im Gegensatz zum Erwachsenen sind jedoch nur bei ca. 6 % aller Kinder mit Schädel-Hirn-Trauma chirurgische Interventionen erforderlich.

**Abdomen** Ein geblähtes Abdomen, bedingt durch eine Magendilatation, ist eine häufige Komplikation des stumpfen Bauchtraumas beim Kind. Der Magen sollte durch eine nasogastrale Sonde entlastet werden, um die abdominale Untersuchung und die Beatmung des Kindes zu erleichtern und das Aspirationsrisiko zu vermindern. Des Weiteren muss beim stumpfen Bauchtrauma gezielt nach Verletzungen der Bauchorgane wie Milz, Leber, Pankreas, Darm, Nieren sowie Zerreißungen von Mesenterialgefäßen gesucht werden. Im Gegensatz zum Erwachsenen werden chirurgische Maßnahmen beim stumpfen Bauchtrauma des Kindes zurückhaltend eingesetzt, vorausgesetzt die Herz-Kreislauf-Funktion bleibt stabil. Nur bei ca. einem Viertel der Kinder mit stumpfem Bauchtrauma sind in der initialen Behandlungsphase Laparotomien erforderlich.

**Thorax** Wegen der hohen Elastizität des knöchernen Thorax sind Verletzungen der intrathorakalen Organe auch ohne Frakturen der Rippen möglich. Ein **Hämatothorax** muss drainiert werden; anhaltende massive Blutverluste (> 30 % des Blutvolumens) gelten als Indikation zur Thorakotomie.

Dyspnoe, Zyanose, obere Einflussstauung und Blutdruckabfall ohne Hinweise auf Blutverluste sind meist durch einen **Spannungspneumothorax** bedingt; wie beim Erwachsenen ist die sofortige Entlastung durch eine Thoraxdrainage erforderlich.

**Laborparameter** Im Wesentlichen werden bei schweren Verletzungen die gleichen Laborparameter wie beim Erwachsenen erhoben:

- Blutbild
- Blutzucker
- Gerinnungsstatus
- Serumelektrolyte
- Arterielle Blutgase, Säure-Basen-Parameter
- Blutgruppe und Kreuzprobe

Bei Kindern kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die Laborparameter vor dem Unfall im Normbereich lagen.

## Venöser Zugang

Das Einführen möglichst *großlumiger* Venenkanülen für den raschen Volumenersatz gehört zu den Initialmaßnahmen mit sehr hoher Priorität beim schwerverletzten Kind, allerdings ist dies oft schwierig, besonders bei Kleinkindern. Geeignete Punktionsorte sind der Hand- oder Fußrücken und die V. saphena magna über dem medialen Malleolus des Fußes. Lässt sich ausnahmsweise initial keine periphere Venenkanüle platzieren, so muss ein zentraler Venenkatheter eingeführt werden; hierfür ist allerdings meist eine tiefe Sedierung oder gar Narkose erforderlich. Bevorzugte Venen sind die Vv. jugulares interna oder externa, die V. subclavia und die V. femoralis.

## Prämedikation

Wache und kreislaufstabile Kinder, bei denen Schmerzen bestehen, können mit einem Opioid (z. B. Fentanyl i. v.) prämediziert werden. Sedativa sind bei schwerverletzten Kindern nur selten erforderlich; außerdem muss bei Unruhe oder Agitiertheit eine Hypoxie ausgeschlossen werden, bevor Sedativa und Analgetika zugeführt werden. Aufgeregte Kinder können mit einem Benzodiazepin (z. B. Midazolam i. v.) sediert werden. Barbiturate sind hingegen wegen ihres hypotensiven Effekts und ihrer gelegentlich paradoxen stimulierenden Wirkung wenig geeignet. Neuroleptika wie DHB wirken zwar sedierend und antiemetisch, lösen jedoch nicht selten Unruhe, Angst und motorische Störungen aus, bei Volumenmangel außerdem einen Blutdruckabfall.

## MERKE

Kinder mit Schädel-Hirn-Trauma und/oder Polytrauma sollten möglichst keine Prämedikation erhalten.

## Transport in den Operationssaal

Für den Transport schwerverletzter Kinder in den Operationssaal oder diagnostische Einheiten gelten die gleichen Grundsätze wie beim Erwachsenen. Beim Transport sind zwei Arten von Risiken zu beachten: sekundäre Schäden durch verletzungsbedingte Instabili-

tät von Vitalfunktionen und Gefährdung durch unzureichende Infrastruktur sowie personelle und apparative Ausstattung.

### Präoperative Stabilisierung der Herz-Kreislauf-Funktion

Bei Kindern mit Hypovolämie oder Schock sollte, wenn immer möglich, keine Narkose eingeleitet, sondern zunächst das Blutvolumen durch Zufuhr von Blut und Flüssigkeit wiederhergestellt werden. Zeichen der Hypovolämie oder des Schocks sind bei Kindern über einen langen Zeitraum oft nur wenig ausgeprägt, da hier, im Vergleich zum Erwachsenen, eine wesentlich stärker ausgeprägte sympathoadrenerge Reaktion mit massiver Vasokonstriktion ausgelöst wird. Nicht selten fällt der arterielle Blutdruck erst ab, wenn bereits 30–40 % des Blutvolumens verloren wurden. Hierbei ist aber zu beachten, dass ein Verlust von „nur“ 500 ml Blut beim 4-jährigen Kind bereits 40 % des Gesamtblutvolumens ausmacht – beim Erwachsenen hingegen nur etwa 10 %!

### Allgemeinanästhesie

Die Allgemeinanästhesie ist das Narkoseverfahren der Wahl für das schwerverletzte Kind. Hierbei gelten die gleichen Grundsätze, wie für den Erwachsenen beschrieben.

**Endotracheale Intubation** Alle Kinder mit akutem Trauma gelten als nicht nüchtern. Nach ausreichender Präoxygenierung und i. v. Narkoseeinleitung sollten eine vorsichtige Maskenbeatmung mit geringem Beatmungsdruck (max. 10 mbar) erfolgen und ND-Muskelrelaxanzien verwendet werden. Succinylcholin wird bei nichtnüchternen Kindern nicht routinemäßig angewandt. Die für den Erwachsenen übliche Einleitung mit erhöhtem Oberkörper zur Aspirationsprophylaxe gilt bei kleinen Kindern als wenig hilfreich.

Während der Intubation sollte die arterielle O<sub>2</sub>-Sättigung kontinuierlich mit einem Pulsoxymeter überwacht werden, denn bei Kindern ist die funktionelle Residualkapazität im Verhältnis niedriger als beim Erwachsenen, der O<sub>2</sub>-Verbrauch hingegen höher, sodass sich unter der Intubationsapnoe sehr rasch eine **Hypoxämie** entwickeln kann. Bei zu erwartenden Intubationsschwierigkeiten oder Verletzungen der oberen Atemwege, die den Intubationsvorgang wesentlich beeinträchtigen könnten, sollte die **Intubation unter Spontanatmung** und Lokalanästhesie mit oder ohne Sedierung erfolgen, am besten mithilfe eines Glasfaserbronchoskops für Kinder. Inzwischen sind Bronchoskope mit einem äußeren Durchmesser von 2,5 mm erhältlich, die auch die Intubation von Neugeborenen mit einem 3-mm-Tubus ermöglichen.

**Einleitung der Narkose** Für die Narkoseeinleitung bei Kindern werden die gleichen Substanzen verwendet wie für den Erwachsenen. Hierbei sind die in > Kap. 50.2.7 beschriebenen Grundsätze zu beachten.

**Intraoperatives Monitoring** Auch hier werden die gleichen Verfahren angewandt, wie für den Erwachsenen beschrieben:

- Pulsoxymeter
- Kapnometer

- EKG-Monitor
- Arterieller Blutdruck: oszillometrisch, bei schwersten Verletzungen invasiv über eine periphere Arterienkanüle
- Zentraler Venendruck, meist erst nach initialer Stabilisierung: V. jugularis interna oder V. subclavia
- Körpertemperatur
- Urinausscheidung

Die Messung des Pulmonalarteriendrucks, des Wedge-Drucks und des HZV ist bei schwerverletzten Kindern nur sehr selten indiziert. Intraoperative **Laborparameter**: > Kap. 50.2.6.

**Therapie mit Blut und Blutkomponenten** Der akute Volumen- und Erythrozytenersatz erfolgt bei Kindern mit kristalloiden und kolloidalen Lösungen, Erythrozytenkonzentrat (EK) oder Vollblut. Möglichst frisches Vollblut ist vor allem bei sehr kleinen Kindern indiziert: Dieses Vorgehen ist in Akutsituationen angesichts der oft geringen erforderlichen Volumina technisch wesentlich einfacher als die differenzierte Zufuhr verschiedener Blutkomponenten. Anzustreben ist ein minimaler Hämatokrit von 25–30 %; bei Neugeborenen sollte der Wert höher liegen. Besteht Normovolämie, so sollte der Erythrozytenersatz mit EKs erfolgen. Hierbei kann folgende **Faustregel** angewandt werden:

### ■ Praxistipp

1 ml/kg KG Erythrozytenkonzentrat steigert den Hämatokritwert um etwa 1 %. ■

Bei Massivtransfusionen bzw. Verlusten, die etwa dem Gesamtblutvolumen des Kindes entsprechen, sollte der Ersatz von Gerinnungsfaktoren (15 ml Frischplasma/kg KG) und Thrombozyten erwogen werden. Bei intraoperativen Störungen der Blutgerinnung sollte an DIC, Transfusionsreaktion oder bereits präoperativ vorhandene Gerinnungsstörungen gedacht werden.

**Aufrechterhaltung der Körpertemperatur** Je kleiner das Kind, desto größer die Gefahr der intraoperativen Auskühlung! Begünstigende Faktoren sind Schock, Anästhetika, kalte Umgebungstemperatur sowie nicht angewärmte Infusionslösungen und Blutpräparate, des Weiteren ungenügendes Abtrocknen des Körpers nach der Desinfektion. Vor allem bei Kleinkindern sollte der Operationssaal vor Ankunft des Kindes erwärmt werden, außerdem sollten Wärmedecken usw. eingesetzt und Infusionslösungen, Blutkonserven und Atemgase erwärmt werden.

**Aufrechterhaltung des Blutzuckers** Die Glykogenspeicher sind bei kleinen Kindern gering. Entsprechend besteht trotz stressbedingter Erhöhung der Katecholamine die Gefahr der Hypoglykämie. Daher sollten die Blutzuckerwerte intraoperativ lückenlos überwacht und bei Bedarf Glukose infundiert werden. Allerdings sollten hierbei obere Normwerte nicht überschritten werden. Vorsicht ist außerdem bei Kindern mit Schädel-Hirn-Trauma geboten (> Kap. 50.3.1). Für den raschen Volumenersatz dürfen keine Glukoselösungen verwendet werden, sondern isotone Elektrolytlösungen.



**Ausleitung der Narkose und Extubation** Ob das Kind am Ende der Operation ausgeleitet und extubiert werden soll, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Herz-Kreislauf- und Atemfunktion
- Körpertemperatur
- Bewusstseinslage
- Schutzreflexe der oberen Atemwege
- Art des Traumas
- Art der Operation

Ist die **Extubation** grundsätzlich möglich, so darf sie erst durchgeführt werden, wenn folgende **Voraussetzungen** erfüllt sind:

- Kein Relaxanzien- und/oder Opioidüberhang
- Ausreichende Schutzreflexe der oberen Atemwege
- Körpertemperatur mindestens 35–36 °C
- Keine pulmonalen Komplikationen wie Atelektasen, Aspiration usw.
- Kein prolongierter Schockzustand

Vor der Extubation sollte erneut der Magen abgesaugt und ausreichend lange 100-prozentiger Sauerstoff zugeführt werden.

## 50.4 Schwere Verbrennungen

Schwere Verbrennungen führen zu ausgeprägten metabolischen, respiratorischen und kardiovaskulären Störungen, die eine entsprechende Intensivtherapie erfordern. Je nach Ausdehnung und Schweregrad der Verbrennung sind bei diesen Patienten zahlreiche lebensrettende, funktionserhaltende und kosmetische Eingriffe erforderlich. Häufig müssen funktionserhaltende Eingriffe durchgeführt werden, bevor sich der Patient in einem stabilen Zustand befindet.

**Einteilung von Verbrennungen** Je nach Ausmaß der Hautschädigungen werden Verbrennungen ersten, zweiten und dritten Grades unterschieden (> Tab. 50.3).

Die Ausdehnung der Verbrennung wird durch den Anteil der verbrannten Körperoberfläche in Prozent angegeben und erfolgt nach der sog. **Neuner-Regel nach Wallace**:

- Kopf: 9 %
- Obere Extremitäten: 18 %
- Rumpf: 36 %
- Untere Extremitäten: 18 %

Bei Kindern ist der Kopf größer und umfasst zwischen 10 und 19 % der Körperoberfläche.

Eine weitere Möglichkeit zur Abschätzung der verbrannten Körperoberfläche ist die **Handflächenregel**: Hierbei entspricht die Handfläche des Patienten jeweils 1 % der Körperoberfläche.

### 50.4.1 Direkte Auswirkungen von Verbrennungen

Neben der direkten Verletzung der Haut und der darunter befindlichen Gewebe können Verbrennungen mit einer Traumatisierung des oberen und unteren Respirationstrakts einhergehen.

Die Zerstörung der Haut und der Mikrozirkulation führt zur Aktivierung von Leukozyten und Freisetzung von Mediatoren und einer systemischen Entzündungsreaktion. Lokal entwickelt sich ein Ödem, das bei entsprechendem Schweregrad der Verbrennung zu erheblichen Plasmaverlusten führt und eine massive Flüssigkeitssubstitution erfordert.

#### Direkte Schädigung des Respirationstrakts

Verbrennungen können zu einem Inhalationstrauma des Respirationstraktes führen:

- Kohlenmonoxidvergiftung
- Schwellung und Obstruktion der Atemwege
- Schädigung des unteren Respirationstrakts

Durch diese Komplikation wird die Mortalität von Verbrennungspatienten erheblich gesteigert.

**Kohlenmonoxidvergiftung** Die Vergiftung tritt am Unfallort auf und manifestiert sich sofort. Sie führt zu Hypoxie trotz normalem  $pO_2$ , da sich Kohlenmonoxid ca. 200-mal stärker an Hämoglobin bindet als Sauerstoff. Die Zeichen der Hypoxie sind uncharakteristisch; daher sollte immer an eine Kohlenmonoxidvergiftung gedacht werden, wenn sich das Verbrennungsoffer in geschlossenen Räumen oder einem Fahrzeug befand. Die Diagnose wird durch Messung der CO-Hb-Konzentration gestellt. Konzentrationen von > 15 % sind toxisch, von > 50 % meist tödlich. Folgendes sollte beachtet werden:

#### MERKE

Die Kohlenmonoxidvergiftung kann mit Standard-Pulsoxymetern nicht festgestellt werden, da das Gerät nicht zwischen Oxyhämoglobin und Carboxyhämoglobin unterscheidet.

Die Therapie besteht in der Elimination des Kohlenmonoxids durch Zufuhr von 100-prozentigem Sauerstoff, um das Kohlenmonoxid aus seiner Bindung mit dem Hämoglobin zu verdrängen (Halbwertszeit ca. 45–60 min). Dieser Vorgang kann durch hyperbare Oxygenierung in einer Druckkammer erheblich beschleunigt werden (Halbwertszeit ca. 23 min).

**Trauma der oberen Atemwege** Durch Inhalation von Flammen, heißer Luft und toxischen Chemikalien können die oberen und unteren Atemwege geschädigt werden. Dieses Inhalationstrauma tritt

Tab. 50.3 Schweregrad von Verbrennungen

Schweregrad	Charakteristik
I	Nur Epidermis betroffen; schmerzhaftes Erythem, Spontanheilung in 48–72 h
II (oberflächlich)	Äußere Schichten der Haut zerstört, Blasen, Erythem, das bei Druck weiß wird
II (tief)	Nur die tiefsten Hautanhangsgebilde nicht geschädigt, Haut blass, Blasen, Ödem
III	Gesamte Epidermis und Dermis zerstört, anästhetisch, trocken, weiß

vor allem auf, wenn sich das Opfer in einem geschlossenen Gebäude oder in einem Fahrzeug befand, und führt bei 20–30 % der Patienten zu einer lebensbedrohlichen Schwellung der Gewebe des oberen Respirationstrakts. Initial manifestiert sich das Trauma als Erythem, Blasen oder Nekrosen; nach einer Latenz von 4–48 h entwickelt sich ein Ödem der Epiglottis und des Larynx. Die Diagnose wird durch Inspektion der oberen Atemwege gesichert, z. B. mithilfe eines Fiberendoskops oder durch direkte Laryngoskopie.

## II Praxistipp

Beim einem Inhalationstrauma der oberen Atemwege sollte der Patient rechtzeitig endotracheal intubiert werden. II

Bei nur geringem Trauma kann zunächst abgewartet werden – jedoch ist eine wiederholte Inspektion erforderlich, um auch bei zunehmender Schwellung noch rechtzeitig intubieren zu können.

**Trauma des unteren Respirationstrakts** Schäden der unteren Atemwege und der Lunge entstehen zumeist durch Inhalation toxischer Substanzen während des Brandes. Hingegen sind direkte thermische Verletzungen (z. B. durch Dampf oder brennende Gase) selten. Die Inhalation toxischer Substanzen kann innerhalb weniger Stunden zum akuten Lungenversagen (ARDS) führen.

**Verletzungen durch elektrischen Strom** Insbesondere das Durchfließen von Strom hoher Spannung führt im Körper zu erheblicher Wärmebildung, vor allem an den Ein- und Austrittsstellen, mit nachfolgender Schädigung von Gefäßen, Muskeln und Nerven. Durchfließender Strom am Herzen bewirkt eine Schädigung des Myokards, die Zerstörung von Muskeln führt zu Myoglobininämie, Myoglobininurie und Nierenversagen.

### 50.4.2 Systemische Auswirkungen schwerer Verbrennungen

Schwere Verbrennungen wirken sich auf den Stoffwechsel, die Herz-Kreislauf- und die Lungenfunktion aus.

**Metabolisch** Typisch ist ein Hypermetabolismus, der gewöhnlich am Ende der 1. Woche nach dem Verbrennungstrauma einsetzt und dessen Ausmaß direkt von der Größe der Verbrennungsfläche abhängt. Der Sauerstoffverbrauch nimmt bis zum 2,5-Fachen des basalen Verbrauchs zu, die Körpertemperatur steigt an, ebenso der Proteinkatabolismus. Die Konzentrationen der Katecholamine sowie von Kortisol, Wachstumshormon und Glukagon sind erhöht, die Glukoneogenese ist gesteigert, die Glukoseverwertung eingeschränkt, sodass häufig eine Hyperglykämie besteht.

## MERKE

Durch den Hypermetabolismus nimmt der Kalorienbedarf bei Verbrennungen drastisch zu.

Im verbrannten wie auch im unversehrten Gewebe entwickeln sich Ödeme, des Weiteren tritt in der 1. Woche eine Hypoproteinämie auf.

**Kardiovaskulär** Wie bereits dargelegt, führt eine schwere Verbrennung zu massiven Flüssigkeitsverlusten mit Hypovolämie. Daher ist eine aggressive Flüssigkeitssubstitution erforderlich, um einen sog. Verbrennungsschock zu verhindern.

## MERKE

In den ersten 24 h beträgt der Flüssigkeitsbedarf bei Schwerverbrannten 2–4 ml/kg KG für jedes Prozent verbrannter Körperoberfläche.

Besonders in den ersten 2 Tagen nach der Verbrennung müssen große Mengen Flüssigkeit infundiert werden, um das Plasma- und das Herzzeitvolumen aufrechtzuerhalten. In den ersten 24 h ist das HZV oft trotz ausreichender Flüssigkeitssubstitution erniedrigt, möglicherweise bedingt durch zirkulierende myokarddepressorische Substanzen. Danach steigt das HZV wieder an und ist in der hypermetabolischen Phase erhöht.

**Respiratorisch** Neben den beschriebenen frühen pulmonalen Komplikationen – Kohlenmonoxidvergiftung, Schwellung und Obstruktion der oberen Atemwege, nicht kardial bedingtes Lungenödem – kann sich nach 2–5 Tagen ein **akutes Lungenversagen (ARDS)** entwickeln. Das ARDS tritt unabhängig von der Inhalation toxischer Substanzen auf, vermutlich bedingt durch Freisetzung von Mediatoren.

Im weiteren Verlauf besteht bei Verbrennungspatienten eine hohe Anfälligkeit für **pulmonale Infekte und Atelektasen** – ebenfalls unabhängig davon, ob ein Inhalationstrauma vorlag oder nicht. Die erhöhte Infektanfälligkeit wird auf eine Schwächung der Immunabwehr durch die Verbrennungskrankheit zurückgeführt.

Auch die **Lungenembolie** gehört zu den typischen Risiken bei schwerverbrannten Patienten. Diese Komplikation wird durch die Immobilität und eine Hyperkoagulabilität, erkennbar an der Thrombozytose und der erhöhten Aktivität von Faktor V und VII, begünstigt.

### 50.4.3 Anästhesiologische Besonderheiten bei Verbrennungskrankheit

Operative Eingriffe gehören zu den häufigen Maßnahmen bei Verbrennungskrankheit: anfangs das Débridement und die Hautdeckung, später rekonstruierende Eingriffe mit Blutverlusten, die entsprechend ausgeglichen werden müssen.

#### Der noch nicht intubierte Patient

- Bei Patienten *ohne* Inhalationstrauma bestehen bei der endotrachealen Intubation meist keine Besonderheiten, sofern keine Verbrennungen des Gesichts und des Halses vorliegen. Bei Verbrennungen von Gesicht und Hals sollte die Indikation für eine fiberendoskopische Intubation des wachen Patienten großzügig gestellt werden. Dies gilt auch für spätere Stadien, wenn Kontrakturen und narbige Verziehungen in diesem Bereich bestehen.
- Patienten *mit* Inhalationstrauma sollten, wenn noch nicht im Schockraum geschehen, möglichst frühzeitig intubiert werden, da Schwellungen im Bereich der oberen Atemwege rasch zunehmen und zum Erstickten führen können.

**Gefäßkanülen und -katheter** Für den Volumenersatz ist eine ausreichende Zahl sicher zugänglicher Venenkanülen erforderlich. Bei bereits bestehender oder zu erwartender kardiovaskulärer Instabilität sollte außerdem eine Arterie kanüliert werden. Ein zentraler Venenkatheter ist ebenfalls nützlich, sollte aber wegen der Infektionsgefahr möglichst nicht durch verbranntes Gewebe geführt werden.

**Wahl des Anästhesieverfahrens** Ein spezifisches Allgemeinanästhesieverfahren für Verbrennungspatienten existiert nicht, daher sollte der Anästhesist die ihm am besten vertrauten Verfahren anwenden. Vor Einleitung der Narkose sollte er den Volumenstatus und die Herz-Kreislauf-Funktion des Patienten einschätzen und sein Vorgehen danach ausrichten.

**Muskelrelaxanzien** Wie in ➤ Kap. 7 dargelegt, kann die Injektion von Succinylcholin bei Patienten mit Verbrennungskrankheit zur massiven Freisetzung von Kalium aus der Zelle mit Hyperkaliämie und Herzstillstand führen. Die berichteten Herzstillstände traten sämtlich mindestens 21 Tage nach dem Verbrennungsunfall auf, jedoch ist nicht bekannt, ob erst nach Ablauf dieses Zeitraums ein erhöhtes Risiko besteht. Zumindest herrscht aber Einigkeit darüber, dass *am Unfalltag* Succinylcholin für die Notfallintubation des Verbrennungspatienten eingesetzt werden kann.

### CAVE

Bei Verbrennungskrankheit ist Succinylcholin etwa nach der 1. Woche und bis zu mehrere Wochen nach der Verbrennung kontraindiziert.

Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien müssen bei Verbrennungskrankheit zumeist erheblich höher dosiert werden, um eine ausreichende neuromuskuläre Blockade, besonders für die endotracheale Intubation, zu erzielen. Die Blockade sollte mit einem Nervensimulator überwacht werden.

**Schutz vor Wärmeverlusten** Da die schützende Haut fehlt, sind Patienten mit ausgedehnten Verbrennungen besonders hypothermiegefährdet. Der Operationssaal sollte daher ausreichend vorgewärmt werden.

**Flüssigkeitszufuhr** Wie bereits dargelegt, führt die schwere Verbrennung in der Akutphase zu massiven Flüssigkeitsverlusten, die umgehend ausgeglichen werden müssen, um bedrohliche Störungen der Herz-Kreislauf-Funktion zu vermeiden. Für den initialen Flüssigkeitsersatz werden verschiedene Formeln angegeben, die in ➤ Box 50.9 zusammengestellt sind.

### BOX 50.9

#### Initiale Flüssigkeitstherapie bei Verbrennungskrankheit

##### • Evans-Formel:

- 1 ml Kristalloide/kg KG/% verbrannter KOF/24 h
- 1 ml Kolloide/kg KG/% verbrannter KOF/24 h
- 2.000 ml Glukose 4 %/24 h

##### • Brooke-Formel:

- 1,5 ml Kristalloide/kg KG/% verbrannter KOF/24 h
- 0,5 ml Kolloide/kg KG/% verbrannter KOF/24 h
- 2.000 ml Glukose 5 %/24 h

##### • Modifizierte Brooke-Formel: 2 ml Ringer-Laktat/kg KG/% verbrannter KOF/24 h

##### • Parkland-Formel: 4 ml Kristalloide/kg KG/% verbrannter KOF/24 h KOF = Körperoberfläche

Zu beachten ist, dass diese Formeln nur Anhaltswerte darstellen können und beim Flüssigkeitsersatz immer eine individuelle Anpassung an den Patienten erforderlich ist, um ein ausreichendes Blutvolumen aufrechtzuerhalten. Glukose sollte wegen der oft vorhandenen Verwertungsstörung eher nicht zugeführt werden. Die Flüssigkeitstherapie sollte sich an kardiovaskulären Parametern und an der Urinausscheidung (mindestens 0,5–1 ml/kg KG/24 h) orientieren.

**Blutverluste** Beim Débridement der Verbrennungswunden können massive Blutverluste auftreten (ca. 200 ml pro 1 % exzidierte Fläche) und innerhalb kurzer Zeit zur Hypovolämie führen. Für den Blutersatz bei diesen Eingriffen sind daher eine ausreichende Anzahl weiltumiger Venenkanülen und die Bereitstellung einer entsprechenden Anzahl von Erythrozytenkonzentraten erforderlich.

**Blutgerinnung** Unmittelbar nach dem operativen Eingriff kann die Aktivität verschiedener Gerinnungsfaktoren vermindert sein, sodass der Gerinnungsstatus bestimmt werden sollte.

### LITERATUR

- Arbelot C, et al. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Curr Opin Crit Care* 2008; 14: 70–74.
- Garvin R, et al. Emergency neurological life support: traumatic brain injury. *Neurocrit Care* 2015; 23 (Suppl 2): S143–S154.
- Harr JN, et al. Functional fibrinogen assay indicates that fibrinogen is critical in correcting abnormal clot strength following trauma. *Shock* 2013; 39(1): 45–49.
- Holmstrom A, Akeson J. Desflurane increases intracranial pressure more and sevoflurane less than isoflurane in pigs subjected to intracranial hypertension. *J Neurosurg Anesthesiol* 2004; 16: 136–143.
- Holmstrom A, Akeson J. Sevoflurane induces less cerebral vasodilation than isoflurane at the same A-line autoregressive index level. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005; 49: 16–22.
- Khan S, et al. Damage control resuscitation using blood component therapy in standard doses has a limited effect on coagulopathy during trauma hemorrhage. *Intensive Care Med* 2015; 41(2): 239–247.
- Masoumi K, Forouzan A, Darian AA. Comparison of the effectiveness of hydroxyethyl starch (voluven) solution with normal saline in hemorrhagic shock treatment in trauma. *J Clin Med Res* 2016; 8(11): 815–818.
- Ollerton JE, et al. Potential cervical spine injury and difficult airway management for emergency intubation of trauma adults in the emergency department – a systematic review. *Emerg Med J* 2006; 23(1): 3–11.

# Erhältlich in Ihrer Buchhandlung oder im Elsevier-Webshop



Larsen, Anästhesie – das Nachschlagewerk und Lehrbuch. Sie erhalten fundiertes Wissen und Handlungssicherheit bei allen Fragen rund um die Anästhesie. Vermittelt werden Grundlagen und Methoden der allgemeinen und speziellen Anästhesie sowie instruktive Anleitungen zu deren praktischer Anwendung.

Alle wissenschaftlichen Hintergrundinformationen basieren auf Erkenntnissen der evidenzbasierten Anästhesie und integrieren Leitlinien und Empfehlungen nationaler und internationaler Fachgesellschaften.

## Neu in der 11. Auflage:

- Erweitertes Autorenteam – für maximale Aktualität und Vielfalt
- Alle Inhalte komplett überarbeitet und aktualisiert
- Zahlreiche neue Abbildungen unterstützen das Verständnis

## Anästhesie

11. Aufl. 2018. 1.206 S., 480 farb. Abb., geb.

ISBN: 978-3-437-22505-5 | € [D] 219,- / € [A] 225,20



ELSEVIER

elsevier.de

Empowering Knowledge