

M. Neuberger<sup>1</sup> · J. Büttner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Ortenau Klinikum, Achern

<sup>2</sup> Abteilung für Anästhesie, BG Unfallklinik, Murnau

# Komplikationen bei peripherer Regionalanästhesie

**Jedes Anästhesie- und Analgesieverfahren hat mögliche Nebenwirkungen oder Komplikationen. Bei peripheren Regionalanästhesieverfahren ist zwischen allgemeinen und speziellen Komplikationen zu unterscheiden. Unter allgemeinen Komplikationen versteht man überwiegend punktionsortunabhängige Probleme, während die speziellen Komplikationen von den jeweiligen Blockaden bzw. den Punktionsorten abhängig sind. Ziel dieser Übersicht ist es, die Komplikationen der verschiedenen Verfahren zu benennen und einzuordnen, diagnostische und therapeutische Vorgehensweisen aufzuzeigen sowie Strategien zu entwickeln, wie diese Komplikationen therapiert und in ihrer Häufigkeit minimiert werden können.**

Die Techniken der peripheren Regionalanästhesie werden schon sehr lange angewendet. Seit den Erstbeschreibungen von Blockaden des Plexus brachialis durch Kühlenkampff und Hirschel (nach [19]) oder der unteren Extremität durch Läden (nach [65]) gewannen diese Einzug in die tägliche Praxis. Während sie früher überwiegend als „Single-shot“-Verfahren zur Anästhesie genutzt wurden, findet sich seit vielen Jahren eine breite Anwendung der Techniken auch als Katheterverfahren zur intra- und postoperativen Analgesie im Sinne eines multimodalen Konzepts [66, 78].

Vor der Durchführung jeder peripheren Blockade sind die absoluten allgemei-

nen Kontraindikationen auszuschließen (▣ Infobox 1).

## Allgemeine Komplikationen

Allgemeine Komplikationen ergeben sich aus der Punktion selbst, den verwendeten Medikamenten und der Anlage eines Katheters. Für die jeweiligen Komplikationen gibt es risikohöhernde Besonderheiten seitens des Patienten (z. B. durch gerinnungshemmende Medikamente) oder aufgrund anatomischer Gegebenheiten in Abhängigkeit vom Punktionsort (z. B. durch enge Nachbarschaft eines Nervs zu großen Gefäßen). Es bietet sich eine Systematik entsprechend der Komplikationen an.

## Nervenschäden

Nervenschäden nach Operationen können zahlreiche Ursachen haben. Hierzu zählen u. a. die Operation selbst, lagerungsbedingte Nervenschäden sowie Nervenschäden, die durch die Blutsperrere hervorgerufen werden. Nervenschäden nach Operationen in peripherer Regionalanästhesie sind zu 88% operationsbedingt und lediglich zu 12% auf die Anästhesie zurückzuführen [46]. Dennoch sind Nervenschäden nach Regionalanästhesie eine seit Langem bekannte und gefürchtete Komplikation. Bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts wurde erkannt, dass neben der erfolgreichen Blockade die Vermeidung von Nervenschäden ein Ziel bei peripherer Regionalanästhesie sein muss [84].

Die Häufigkeit von Nervenschäden nach peripherer Regionalanästhesie ist unklar. So fehlt es an klaren Definitionen und systematischen Erhebungen. Speziell der Zeitfaktor bei vorliegender neurologischer Störung wird in vielen Erhebungen nicht beachtet. Da Nervenschäden prinzipiell eine gute Prognose haben, der Verlauf aber langwierig ist, besteht die Gefahr, dass die Inzidenz bei zu kurzem Beobachtungszeitraum fälschlich als zu hoch angesehen wird. Entsprechend finden Studien bzw. Erhebungen zu Nervenschäden nach peripherer Regionalanästhesie variable Inzidenzen zwischen 0 und 10% [1, 14, 17, 22, 76]. Eine große Studie mit einheitlicher Definition berichtet eine Inzidenz von 0,02% [5]. Dieser Wert

### Infobox 1 Absolute Kontraindikationen

- Ablehnung durch den Patienten
- Infektionen im Bereich der Einstichstelle
- Manifeste Gerinnungsstörungen bei Blockaden im Kopf-, Hals- und Rumpfbereich

### Infobox 2 Geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von Nervenschäden

- Atraumatische Kanülen verwenden
- Anlage am wachen (leicht sedierten) Patienten (Ausnahmen möglich)
- Vermeiden von Parästhesien
- Bei Auslösen von Parästhesien Nadelkorrektur
- Ultraschall und/oder Nervenstimulator verwenden
- Lokalanästhetikum nicht bei erhöhtem Widerstand applizieren
- Bei ausstrahlendem Injektionsschmerz Applikation stoppen

liegt damit etwas höher als die Inzidenz von Nervenschäden bei neuraxialen Blockaden [72]; die Folgen allerdings sind i. Allg. weniger schwerwiegend.

Über Strategien zur Vermeidung von Nervenschäden wird und wurde viel diskutiert [72]. Ein Hauptproblem dabei ist, dass aufgrund der geringen Inzidenz eine Verfahrensbeurteilung hinsichtlich der Risikominimierung von Nervenschäden schwierig ist. So würde ein Patientenkollektiv von weit über 10.000 Patienten benötigt, um eine statistisch auswertbare Aussage zu treffen. Da solche Studien nicht realisierbar sind, können Risikofaktoren nur über epidemiologische Erhebungen, Metaanalysen bzw. nach dem Prinzip der logischen Überlegung erfasst werden.

### Nadelmaterial

Als Risikofaktor wird häufig das verwendete Nadelmaterial angesehen. Selander et al. [89] konnten 1977 zeigen, dass der Nervenschaden bei Benutzung scharf geschliffener Nadeln ausgeprägter ist. Neuere Untersuchungen sind z. T. widersprüchlich und weisen darauf hin, dass sowohl die Konfiguration der Nadelspitze als auch der Durchmesser der Kanüle einen Einfluss auf das Ausmaß des Nervenschaden haben können [61, 93, 94]. Je größer der Durchmesser einer Kanüle ist, umso größer ist (erwartungsgemäß) der aus einer intraneuralen (subepineuralen) Injektion resultierende Schaden. Unberücksichtigt bleiben allerdings die Fragen, ob dünne, scharfe Kanülen eher die Gefahr bergen, dass es überhaupt zu einer unbeabsichtigten intraneuralen Injektion kommt oder ob dicke, stumpfe Kanülen günstiger wären, da der Nerv diesen Kanülen eher ausweicht. Letztendlich ist es aktuell ungeklärt, welches das ideale Nadelmaterial ist.

### Punktionstechnik

Der Einfluss der Punktionstechnik auf die Vermeidung von Nervenschäden wird kontrovers diskutiert. Initial wurden mit der Nadel Parästhesien provoziert – der mechanische Reiz sollte die Nähe zum Nerv zeigen [68]. Aufgrund der Überlegung, dass der mechanische Kontakt durch die Nadel den Nerv schädigen könne und aufgrund der Schmerzhaftigkeit des Verfahrens wurde die Parästhe-

Anaesthesist 2011 · 60:1014–1026 DOI 10.1007/s00101-011-1955-3  
© Springer-Verlag 2011

M. Neuburger · J. Büttner

### Komplikationen bei peripherer Regionalanästhesie

#### Zusammenfassung

Die periphere Regionalanästhesie ist ein sicheres Anästhesieverfahren. Allgemeine Komplikationen sind selten. Schwere Nervenschäden treten je nach Definition mit einer Inzidenz <0,1% auf und haben oft eine gute Prognose. Zur Vermeidung von Blutungskomplikationen gibt es nationale Richtlinien zur Durchführung unter laufender Antikoagulation, die beachtet werden müssen. Intoxikationen treten v. a. bei versehentlicher intravasaler Gabe auf und sind teilweise schwer therapierbar; die Gabe von Fettlösung kann die Reanimierbarkeit der Patienten verbessern. Infektionen können v. a. bei Katheter-

verfahren auftreten und bedingen ein streng aseptisches Vorgehen bei der Anlage. Seltene Komplikationen sind Allergien, Dislokationen sowie Katheterabrisse oder Schlingenbildungen. Neben den allgemeinen Komplikationen gibt es verfahrenstypische Komplikationen wie z. B. einen Pneumothorax oder Nierenpunktionen, die einer besonderer Beachtung bedürfen.

#### Schlüsselwörter

Katheter · Infektion · Blutung · Plexus brachialis · Plexus lumbosacralis

### Complications of peripheral regional anesthesia

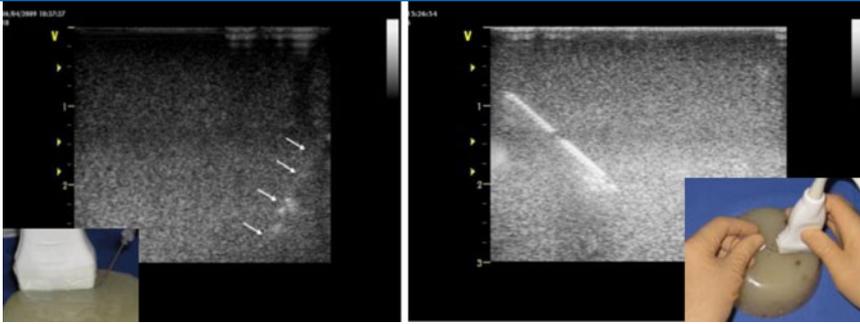
#### Abstract

Peripheral regional anesthesia is a commonly used and safe procedure and general complications or side effects are generally rare. Nerve damage has an incidence <0.1% depending on the definition and the prognosis is good. To avoid bleeding complications the national standards of block performance under antithrombotic therapy should be respected. Intoxication is mainly the result of accidental intravenous administration and is difficult to treat but higher doses of intravenous lipid emulsions can improve the outcome. Potential infectious complications

can occur mainly as a result of catheter techniques and require a strict aseptic approach. Further rare complications are allergies, dislocation of catheters and knotting or loops in catheters. Besides the general complications, there are some specific complications depending on the puncture site, such as pneumothorax or renal puncture.

#### Keywords

Catheters · Infection · Bleeding · Brachial plexus · Lumbosacral plexus



**Abb. 1** ▲ Bessere Darstellbarkeit neuerer ultraschalleigneter Punktionsnadeln

sie im Laufe der Zeit weitgehend von der elektrischen Nervenstimulation abgelöst. Die diesem Verfahren zugrunde liegende Theorie geht davon aus, dass ein elektrischer Impuls den Nerv vor dem mechanischen Nadel-Nerv-Kontakt elektrophysiologisch erregt und in Abhängigkeit von Impulsdauer sowie Stromstärke Auskunft über die Lage der Nadel zum Nerv gibt [51]. Zu beachten sind verschiedene Phänomene wie Gewebiszug oder -kompression, Impulstakt und Hyperpolarisationen an der Nervenmembran [80], die dazu führen können, dass Parästhesien vom Patienten angegeben werden, ohne dass durch den Nervenstimulator gleichzeitig eine erwartete Reizantwort ausgelöst wird [99].

In den letzten Jahren gewinnen die ultraschallgesteuerten Punktions Techniken zunehmend Gewicht – die gleichzeitige Sicht des Nervs und der Nadelspitze sowie des sich ausbreitenden Lokalanästhetikums soll gewährleisten, dass der Nerv erfolgreich blockiert, nicht aber mechanisch geschädigt wird [62]. Der Einsatz des Ultraschalls und auch des Nervenstimulators ist von der Erfahrung des Anwenders abhängig. Eine genaue Darstellung der Nadelspitze im Ultraschall ist nach wie vor problematisch, insbesondere, wenn die Punktion „out of plane“ erfolgt. Die neueren Kanülen ermöglichen durch Veränderungen der Oberfläche eine bessere Visualisierung im Ultraschallbild, insbesondere in der „In-plane“-Darstellung (■ **Abb. 1**). Speziell bei sehr steilem Punktionswinkel bedingt die spezielle Oberfläche der Nadeln eine Vermehrung der detektierbaren Ultraschallwellen (■ **Abb. 1, rechts**) im Vergleich zur Punktion mit einer normalen Nervenstimulationsnadel (■ **Abb. 1, links**). Als

Konsequenz kann die Nadelspitze besser identifiziert werden.

Die Anwendung des Ultraschalls hat viele Fragen aufgeworfen. So führt ein bildtechnisch dargestellter Nadel-Nerv-Kontakt wider Erwarten nicht zwangsläufig zu Parästhesien [83]. In keiner Studie konnte bisher unter dem Aspekt „Vermeidung von Nervenschäden“ für eine der genannten Techniken zur Identifizierung des Nervs (Parästhesien, Nervenstimulator, Ultraschall) ein Vorteil gefunden werden. In den aktuellen Empfehlungen der *American Society of Regional Anesthesia* (ASRA) werden daher alle 3 Verfahren als gleichwertig eingestuft [72]. Theoretische Überlegungen legen allerdings nahe, auf bewusstes Auslösen von Parästhesien zu verzichten, da das Auftreten von Parästhesien als ein Hinweis für einen sich potenziell realisierenden Nervenschaden zu gelten hat [4, 14, 17, 22, 35, 72, 76]. Aus diesem Grund ist auch das routinemäßige Durchführen von peripherer Regionalanästhesie in Narkose infrage zu stellen – und wird deshalb von der ASRA auch nicht empfohlen [7, 72]. Ausnahmen bilden Kinder, nichtkooperative oder extrem ängstliche Patienten, bei denen die Anlage peripherer Blockaden in Allgemeinanästhesie oder tiefer Sedierung unter Abwägen von Nutzen und Risiko möglich ist.

Es ist unabdingbar, dass die jeweils benutzte Technik (Nervenstimulation, Ultraschall, Parästhesie) mit ihren Stärken und Schwächen gekannt und beherrscht wird. Da bei allen Techniken Nervenschäden beschrieben sind, gilt es, neben den Parästhesien weitere klinisch relevante Informationen wie z. B. starken ausstrahlenden Schmerz bei der Injektion (der ebenfalls in Narkose nicht berichtet werden kann), hohen Injektionsdruck [39], Impe-

danzsprung [97], niedrige Stimulationsstromstärke [11] und visualisierte intraneurale Injektion im Ultraschall [10, 60] als Hinweis auf eine potenzielle Nervenschädigung zu beachten und zu vermeiden (■ **Infobox 2**). Wenn möglich, können die Verfahren auch kombiniert werden, z. B. der Einsatz von Ultraschall und Nervenstimulator [80].

### Injektionsort

Lange galt der Grundsatz, dass das Lokalanästhetikum um den Nerv herum (perineural) und nicht in den Nerv hinein (intraneural) injiziert werden soll – die intraneurale Injektion soll mit einem hohen Risiko an Nervenschäden einhergehen. Unklarheit herrscht offensichtlich darüber, ab wann man – ausgehend vom anatomischen Aufbau mit Epineurium, Perineurium und Endoneurium – von „intraneuraler“ Injektion spricht [69]. So wird eine bindegewebige Faszienschicht, die den Plexus brachialis im Bereich der Klavikula umgibt, von einigen Autoren bereits als „Epineurium“ bezeichnet [12], andere hingegen sehen diese Schicht lediglich als eine bindegewebige Faszie an, die nicht dem Epineurium entspricht [69]. Dies erklärt u. U. auch, dass trotz vermeintlicher „intraneuraler“ Injektion nicht zwangsläufig funktionelle Einschränkungen eines Nervs entstehen [10]. Es ist aber auch bekannt, dass es bei experimenteller „echter“ intraneuraler (subendoneuraler) Injektion zu histologischen Zeichen des Nervenschadens kommt, obwohl der Nerv auch hier funktionell unbeeinträchtigt scheint [60].

Aus pathophysiologischen Überlegungen sollte man vermeiden, die nervale Durchblutung kritisch zu reduzieren. Die Durchblutung könnte durch direkte vasokonstriktorische Effekte des Lokalanästhetikums oder durch Druckphänomene bei intraneuraler Injektion reduziert werden [107]. Die Injektion unter das Perineurium muss kritisch gesehen und vermieden werden [39, 60, 72, 80, 97]; subepineurale Injektionen könnten unproblematischer sein. Oft ist jedoch die Differenzierung zwischen subepineural und subperineural trotz hochauflösendem Ultraschall schwierig. Die Injektion sollte deshalb generell nach dem Grundsatz

---

erfolgen: „So nah wie nötig, so weit weg wie möglich“.

### Weitere Risikofaktoren

Als weiterer Risikofaktor für das Auftreten von Nervenschäden zählen präexistente neurologische Schäden oder Erkrankungen. Nach dem Prinzip des „double crush“ kann ein z. B. polyneuropathisch geschädigter Nerv durch ein Zusatztrauma nachhaltig geschädigt werden [72]. Gleichzeitig profitieren aber gerade derart vorerkrankte Patienten möglicherweise von einer Regionalanästhesie [13, 41].

Unerwünschte Effekte der Lokalanästhetika wie verminderte Nervendurchblutung und Apoptoseinduktion können die Nerven- und Muskelfunktion beeinträchtigen. Die Lipophilie und die Konzentration des Lokalanästhetikums scheinen einen Einfluss auf das Ausmaß des schädigenden Potenzials der Substanz zu haben. Substanzen wie Ropivacain und die mittellang wirkenden Substanzen wie Mepivacain und Prilocain sind aufgrund der geringeren Lipophilie weniger neuro- und myotoxisch als Bupivacain. Die klinische Bedeutung der bekannten Neurotoxizität und Myotoxizität der Lokalanästhetika [107] ist unklar, könnte jedoch bei Anwendung in eng begrenzten Räumen relevant sein (z. B. Myotoxizität bei Retrobulbäranästhesie).

Der Ort der Applikation scheint ebenfalls einen Zusammenhang mit der Häufigkeit von Nervenschäden zu ergeben. Für die Blockade des Plexus brachialis wird eine höhere Inzidenz für Nervenschäden angegeben als für Blockaden an der unteren Extremität [17].

### Prognose und Therapie

Bei Auftreten von Nervenschäden ist es empfehlenswert, neben der eigenen klinischen Befunderhebung eine fachärztlich-neurologische Beurteilung einzuholen, u. a. auch, um eine differenzialdiagnostische Abklärung der Ursache sicherzustellen und zu dokumentieren. Wie oben bereits erwähnt, sind die Ursachen eines Nervenschadens vielfältig. Gegenseitige Schuldzuweisungen zwischen der Anästhesie und dem operativen Partner sind zu vermeiden. Eine frühzeitige Bildgebung zum Ausschluss einer behandelbaren Ursache (z. B. Hämatom) kann im

Hier steht eine Anzeige.



Einzel Fall indiziert sein. Die Prognose des Nervenschadens ist gut [14, 72], die Zeit bis zur vollständigen Restitution kann allerdings 6 bis 12 Monate betragen. Ein offenes und ehrliches Gespräch mit dem Patienten ist wichtig. Spezielle Therapien wie Vitamingaben und neurostimulierende Verfahren werden verschiedentlich postuliert, lassen aber keine Evidenz bezüglich der Effektivität erkennen, sodass deren Einsatz aktuell nicht empfohlen wird [72].

### Gefäßpunktionen und Hämatome

Die Punktion v. a. tiefer gelegener Nerven bedingt ein gewisses Blutungsrisiko durch Gefäßpunktionen in Abhängigkeit von der Lage der Nerven in Relation zu den in der Region befindlichen Gefäßen. So sind u. a. die infraklavikuläre Blockade des Plexus brachialis, die proximale Blockade des N. ischiadicus und die Psoasblockade mit einem vergleichsweise höheren Risiko für blutige Punktionen und Hämatome behaftet [9, 74].

Immer mehr kardial und vaskulär vorerkrankte Risikopatienten sind teilweise mehrfach antikoaguliert. Gerade diese Patienten würden von einer peripheren Regionalanästhesie profitieren. Das Absetzen oder Reversieren der Gerinnungshemmung zur Reduktion des Blutungsrisikos geht jedoch mit dem erhöhten Risiko eines erneuten kardiovaskulären Ereignisses einher (z. B. Stentthrombose, [25, 33]).

Über die Häufigkeit klinisch relevanter Blutungen oder Hämatome bei peripherer Regionalanästhesie gibt es in der Literatur kaum Angaben. In einem *Closed Claims Report* der *American Society of Anesthesiologists (ASA)* findet sich kein Fall, bei dem ein hämatombedingter Schaden infolge einer peripheren Regionalanästhesie zu einem erfolgreichen Regressanspruch geführt hat [56]. Es gibt einige Fallberichte von klinisch relevanten Blutungen oder Hämatomen bei tiefer gelegenen peripheren Blockaden unter Antikoagulation [9, 54, 105], allerdings durchweg ohne daraus resultierenden bleibenden Nervenschaden.

Zur Vermeidung von Blutungskomplikationen finden sich in verschiedenen Ländern unterschiedliche Richtlinien [20, 48, 55, 100]. Ihnen gemeinsam

ist, dass das Risiko von Hämatomen und Blutungen bei peripheren Blockaden als klinisch weniger problematisch angesehen wird als bei den neuraxialen Blockaden. Lediglich die Psoasblockade wird in Deutschland bezüglich der Voraussetzungen an die Blutgerinnung unter den gleichen Kriterien gesehen wie die neuraxialen Blockaden [20]. Auch die in der Literatur zunehmend wieder in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückten Paravertebralblockaden sind unter den gleichen Vorsichtsmaßnahmen zu handhaben wie die Psoasblockade [37, 48, 96].

Es gilt generell, dass eine periphere Regionalanästhesie unter erhöhtem Blutungsrisiko einer kritischen Nutzen-Bewertung bedarf. Es sind nach Möglichkeit Blockaden zu bevorzugen, die kein erhöhtes Risiko für Gefäßpunktionen haben. Man sollte Blockaden wählen, bei denen ein evtl. punktiertes Gefäß gut komprimiert werden kann („oberflächliche Blockade“). Die Nadel sollte möglichst dünn, der Durchführende möglichst erfahren sein. Hilfsmittel, die die Punktion eines Gefäßes vermeiden helfen (Dopplersonographie, Ultraschall), sind nach Möglichkeit zu nutzen; bei Nutzung des Ultraschalls konnte eine Reduktion der Rate an akzidentellen Gefäßpunktionen gezeigt werden [1]. Mit Ausnahme der Psoasblockade und der Paravertebralblockaden können periphere Blockaden nach entsprechender Nutzen-Risiko-Abwägung auch bei Patienten durchgeführt werden, die unter einer Thromboseprophylaxe bzw. einer antithrombotischen Medikation stehen.

### Intoxikationen

Intoxikationen durch Lokalanästhetika können prinzipiell zwei Ursachen haben:

- direkte intravasale Injektion mit schnell ansteigenden Wirkspiegeln und innerhalb Sekunden bis weniger Minuten einsetzender Symptomatik und
- Ansteigen des Plasmaspiegels durch Resorption höherer Gewebedosen mit verzögerter Symptomatik.

Generell sind deshalb bei jeder Blockade, bei der eine relevante Menge Lokalanästhetikum appliziert wird, die in **Info-**

#### Infobox 3 Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung einer Intoxikation

- Sicherer venöser Zugang, Notfallmedikamente
- Möglichkeit zur O<sub>2</sub>-Gabe, Intubation und Beatmung, Narkose, Defibrillation, Reanimation
- Überwachung (EKG, Pulsoxymeter) während und nach Gabe des Lokalanästhetikums (resorptionsbedingte Intoxikation)
- Intravenöse bzw. intraarterielle Injektion vermeiden (wiederholte Aspirationsversuche)
- Lokalanästhetikum unter Beobachtung des Patienten langsam injizieren
- Auf Frühsymptome achten (metallischer Geschmack, akustische und optische Phänomene, ggf. sofortiges Stoppen der Zufuhr)
- Empfohlene Dosierungen und Vorerkrankungen beachten
- Lipidemulsion vorhalten

**box 3** genannten Voraussetzungen einzuhalten.

Lokalanästhetika können durch die Blockade des schnellen Natriumkanals generell alle nervalen Strukturen im Körper hemmen. Klinisch relevant sind Intoxikationen von Gehirn und Herz. Symptome kardialer Intoxikation können vielfältig sein: Jede Art von neu aufgetretenen Herzrhythmusstörungen und Schwankungen des Blutdrucks sind als Hinweis auf eine Intoxikation zu werten. Ebenso vielfältig sind die klinischen Zeichen der zerebralen Intoxikation: Während ein eher langsamer Anstieg des Plasmaspiegels durch Sinnesphänomene (z. B. metallischer Geschmack, Pfeifen und Sausen im Ohr, Flimmern vor den Augen) oder allgemeine Erregung (Unruhe, Krampfanfall) symptomatisch wird, führt ein schneller Anstieg des Wirkspiegels (z. B. Injektion in A. vertebralis) bereits initial zur Bewusstlosigkeit.

In der Regel treten zerebrale Intoxikationen bei niedrigeren Plasmaspiegeln auf und somit klinisch früher in Erscheinung. Sie sind als Vorstufe für die schwerwiegenden kardialen Intoxikationsphänomene anzusehen. Je höher der Abstand zwischen der ermittelten zerebralen toxischen Dosis und der kardialen toxischen Dosis eines Lokalanästhetikums ist („cc-index“), umso eher ist es möglich, lebens-

**Tab. 1** Beispielhafte Handlungsanweisung für die Behandlung einer schweren Intoxikation durch Lokalanästhetika. (Nach [104])

<b>Vorgehen bei schwerer Intoxikation</b>
<i>Zeichen schwerer Intoxikation</i>
– Plötzliche Bewusstlosigkeit mit oder ohne tonisch-klonische Krämpfe
– Kreislaufkollaps: Sinusbradykardie, Überleitungsblockaden, Asystolie und ventrikuläre Tachyarrhythmien. (Alles kann auftreten, auch im Wechsel)
– LA-Intoxikation kann auch erst nach einiger Zeit auftreten
<i>Was ist sofort zu tun?</i>
– LA-Injektion stoppen
– Nach Hilfe/Helfer rufen
– Atemweg sichern, evtl. Intubation
– 100%igen Sauerstoff verabreichen, Beatmung sicherstellen (evtl. Hyperventilation zur Kompensation einer metabolischen Acidose)
– I. v.-Zugang sichern
– Krampfanfall behandeln: Benzodiazepin, Thiopental oder Propofol (fraktioniert)
– Kreislauf ständig kontrollieren
<i>Management des Herz-Kreislauf-Stillstands im Zusammenhang mit LA-Intoxikation</i>
– Beginn der kardiopulmonalen Reanimation nach Standardprotokoll
– Arrhythmien behandeln nach Standardprotokoll, wohl wissend, dass diese sehr therapierefraktär sein können
– Reanimation nicht abbrechen; es sind Reanimationszeiten von mehr als 1-h-Dauer als erfolgreich beschrieben
– Behandlung mit Lipidemulsion (Lipovenös® 20%)
<i>Behandlung des Herz-Kreislauf-Stillstands mit Lipidemulsion (Dosis bei Patienten mit ca. 70 kgKG)</i>
– I.v.-Bolusinjektion Lipovenös® 20% 1,5 ml/kgKG innerhalb 1 min (i.v.-Bolus 100 ml)
– Fortführen der kardiopulmonalen Reanimation
– Beginn der i.v.-Infusion von Lipovenös 20% 0,25 ml/kgKG/min (400 ml innerhalb 20 min)
– Zweimaliges Wiederholung der Bolusinjektion im Abstand von 5 min, wenn keine adäquate Herz-Kreislauf-Situation wiederhergestellt werden konnte (2 weitere Boli von 100 ml im Abstand von 5 min)
– Nach weiteren 5 min Infusionsrate auf 0,5 ml/kgKG/min erhöhen, wenn Kreislauf nicht adäquat (Infusionsrate erhöhen auf 400 ml innerhalb 10 min)
– Infusion fortsetzen, bis stabile und adäquate Herz-Kreislauf-Situation wiederhergestellt ist
<i>Daran denken</i>
– Kardiopulmonale Reanimation nicht unterbrechen, nicht abbrechen
– LA-induzierter Herz-Kreislauf-Stillstand kann länger als 1 h andauern
– Propofol ersetzt nicht Lipovenös®
– Lipovenös®-Vorräte im OP nach Gebrauch ersetzen
<i>Evtl. Fallbericht verfassen</i>
– Wenn möglich, Blutprobe jeweils 1-mal nativ und 1-mal heparinisiert vor und nach der Lipovenös®-Gabe und im Abstand von 1 h abnehmen
LA Lokalanästhetikum.

bedrohliche kardiale Komplikationen zu vermeiden [107].

Zur Vermeidung von Intoxikationen durch intravasale Injektion ist ein kontinuierliches Monitoring des Patienten während der Injektion wichtig. Direkter verbaler Kontakt und ein EKG können helfen, Symptome kardialer und neurologischer Intoxikationen frühzeitig zu erkennen. Die Injektion sollte langsam erfolgen. Wiederholte Aspiration vor und während der Injektion kann v. a. bei gro-

ßen Gefäßen die intravasale Lage der Kanüle oder des Katheters anzeigen, ist aber oft auch falsch-negativ. Die Gabe einer adrenalinhaltigen Testdosis zum Ausschluss der intravasalen Lage ist nicht üblich [34].

Zur Vermeidung einer durch Überdosierung oder Resorption bedingten Intoxikation werden sowohl vom Hersteller als auch in der Literatur häufig Grenzdosierungen angegeben. Diese unterscheiden sich teilweise von Land zu Land und sind oft aufgrund tierexperimenteller Arbeiten

oder durch Studien an Probanden festgelegt. Die klinische Unbedenklichkeit dieser Grenzdosierungen ist ebenso wenig nachgewiesen wie die Bedenklichkeit höherer Dosierungen [38, 107]. Neben Vorerkrankungen des Patienten, unterschiedlichen Bindungskapazitäten des Bluts, unterschiedlichen Verteilungsvolumina und renalen sowie hepatischen oder plasmatischen Eliminationsstörungen ist unbedingt zu beachten, dass je nach Durchblutung des Gewebes, in das man injiziert hat, die Wirkspiegel schwanken und Spitzenspiegel unterschiedlich schnell erreicht werden können [16].

Eine durch die Resorption bedingte Intoxikation kann u. U. erst nach 20–30 min auftreten. Oft werden bei peripherer Regionalanästhesie durch die gleichzeitige Blockade mehrerer Nerven (z. B. Blockade des N. femoralis und des N. ischiadicus) die Grenzdosierungen für Lokalanästhetika überschritten, ohne dass es zu einer Intoxikation kommt [18]. Klinisch unbedenkliche Grenzwerte können somit pauschal nicht angegeben werden [38]; die Angabe der Grenzdosierung ist nur ein Richtwert.

Mithilfe des Ultraschalls lässt sich die Menge an Lokalanästhetikum, die zur Blockade eines Nervs erforderlich ist, im Vergleich zur Nervenstimulation reduzieren. Ob damit die Rate an Lokalanästhetikaintoxikationen zurückgeht, ist derzeit noch unklar.

Bei der häufig gepflegten Mischung von Lokalanästhetika ist zu beachten, dass sich die toxische Wirkung der verwendeten Substanzen mindestens addiert, wenn nicht sogar durch Konkurrenz- und Verdrängungsphänomene aus der Proteinbindung potenziert [42, 63].

Die Lokalanästhetika unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Toxizität. Aufgrund ihrer Wirkkinetik sind die mittellang wirkenden Substanzen wie Mepivacain, Prilocain und Lidocain unproblematischer als die lang wirkenden Substanzen Ropivacain und (Levo-)Bupivacain. Substanzen mit hoher Fettlöslichkeit weisen eine höhere Toxizität auf. Durch eine zusätzliche Blockade mitochondrialer Vorgänge [95] ist die kardiale Toxizität von (Levo-)Bupivacain sehr hoch. Letzteres bedingt auch ein sehr frühes Einsetzen der kardialen Toxizität: Während andere

Lokalanästhetika einen größeren Dosisunterschied zwischen dem Auftreten von zerebralen und kardialen Intoxikationsphänomenen aufweisen („cc-index“), liegen die kritischen Dosierungen bei Bupivacain sehr eng beieinander [71, 107] – im Einzelfall kann sogar die kardiale Toxizität vor der zerebralen auftreten. Eine sehr gute Übersicht zur Pharmakologie der Lokalanästhetika findet sich bei Graf u. Niesel [38].

Bei Auftreten von Intoxikationsphänomenen ist zunächst symptomatisch zu handeln. Zum Teil liegen nationale Empfehlungen vor [73, 104]. In jedem Fall ist die Injektion sofort zu beenden. Die Gabe von Sauerstoff wird empfohlen. Verschiedentlich wird empfohlen, dass der Patient hyperventilieren soll – die Alkalisierung des Bluts soll die Proteinbindungskapazität erhöhen und Lokalanästhetika binden; gleichzeitig wird die zerebrale Perfusion reduziert [30, 31]. Allerdings sinkt auch die Krampfschwelle, sodass der Effekt prinzipiell ins Gegenteil umschlagen kann. Je nach klinischem Bild ist die frühzeitige Gabe von Benzodiazepinen indiziert, ggf. Intubation, Sedierung und Beatmung. Da zerebrale Symptome häufig vor den kardialen auftreten, kann durch rechtzeitiges Beenden der weiteren Lokalanästhetikazufuhr v. a. bei versehentlicher intravasaler Gabe möglicherweise eine kardiale Symptomatik verhindert werden. Dieses bedingt jedoch das Erkennen der zerebralen Symptome, was bei Patienten in Narkose regelmäßig nicht möglich und ein weiteres Argument gegen die routinemäßige Anlage der Regionalanästhesie in Narkose ist [7].

Kardiale Intoxikationen erfordern in der Regel eine kardiopulmonale Reanimation. Im Einzelfall können sehr lange Reanimationszeiten notwendig sein, insbesondere bei Verwendung von lang wirkenden, fettlöslichen Lokalanästhetika wie Bupivacain („fast in – slow out“; [38]).

Seit einigen Jahren mehren sich nach erfolgversprechenden tierexperimentellen Versuchen klinische Fallberichte, die beschreiben, dass durch die hochdosierte Gabe einer Fettemulsion mit langkettigen Triglyzeriden (z. B. Lipovenös® 20%, Intralipid® 20%) die Rate an erfolgreichen Reanimationen bei Intoxikationen erhöht werden kann [32, 58]. Die optimale Dosis

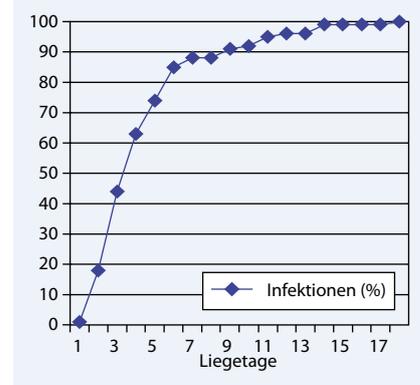
ist bisher nicht bestimmt; die Gabe von z. B. 1,2–2 ml/kgKG 20%iger Fettlösung über einen Zeitraum von 5–10 min, gefolgt von einer Dauerinfusion von 0,25–0,5 ml/kgKG/min soll das „outcome“ des Patienten verbessern [28, 32, 58, 104]. Eine differenzierte Betrachtungsweise unter Beachtung der Fettlöslichkeit des Lokalanästhetikums legt nahe, dass die Gabe von Fett möglicherweise nur bei den Intoxikationen geeignet ist, bei denen Lokalanästhetika verwendet wurden, die eine hohe Fettlöslichkeit haben (z. B. Bupivacain, auch Ropivacain, [58, 106]). Die Gabe von Fett bei einer Intoxikation mit z. B. Mepivacain könnte möglicherweise nicht indiziert sein [106]. Komplikationen, die sich aus der schnellen Gabe hoher Fettmengen ergeben könnten (z. B. pulmonale Embolisierung), sind zu beachten; eine kritische Grenzdosis für die Fettlösung ist nicht bestimmt [45]. Es wird empfohlen, Handlungsanweisungen zur Behandlung mit Fettlösungen an den regionalanästhesierelevanten Arbeitsbereichen vorzuhalten (■ **Tab. 1**).

### Allergien

Allergische Reaktionen auf Lokalanästhetika können auftreten, sind jedoch selten. Während auf die früher oft verwendeten Ester noch häufiger reagiert wurde, ist eine echte Allergie auf die heute zumeist verabreichten Amide sehr selten [38]; Kreuzallergien zwischen Ester und Amiden bestehen nicht. Allergische Reaktionen im Zusammenhang mit den Amidlokanästhetika sind zumeist durch Zusätze wie Konservierungsstoffe (z. B. Methylparaben) bedingt. Die Therapie der Allergien ist rein symptomatisch.

### Infektionen

Das Risiko von Infektionen bei peripherer Regionalanästhesie rückt seit der zunehmenden Verwendung dieser Techniken als Katheterverfahren zunehmend in den Fokus. Die Inzidenz schwankt, in Abhängigkeit von der Definition, zwischen 0 und 7,4% [22, 23, 70, 76, 77, 101, 103]. Um die Datenlage zu klären, gibt es in vielen Ländern Bestrebungen, eine möglichst klare und zuverlässige Erhebung durchzuführen, um so Ursachen



**Abb. 2** ▲ Infektionsraten im zeitlichen Verlauf bei 3491 peripheren Schmerzkathetern. Angegeben sind die klinisch relevanten Infektionen mit einer Gesamthäufigkeit von 3,2%. (Nach [76])

zu finden und gleichzeitig die Infektionsraten zu senken [47, 70, 102, 103]. Derzeit werden Risikofaktoren und Vermeidungsstrategien noch kontrovers diskutiert.

Als Risikofaktoren werden u. a. die Lokalisation der Blockade, die Liegedauer des Katheters (■ **Abb. 2**), Vorerkrankungen des Patienten, Geschlecht, Punktionshäufigkeit bzw. die Erfahrung des Anästhesisten, eine präpunktionelle Antibiotikagabe, die Tunnelung des Katheters, die Qualität der Versorgung im Verlauf u.v.a. angegeben [22, 23, 47, 70, 76, 77, 101]

Einigkeit besteht in der Notwendigkeit zum hygienischen Arbeiten bei der Anlage, da bereits früh eine Keimbeseidelung am Katheter nachweisbar ist und infektionsverursachende Keime schon bei der Punktion eingebracht werden können [50]. Viele Katheter sind bereits nach wenigen Tagen bakteriell besiedelt [29]. In Deutschland wurden im Jahr 2006 die „15 Gebote“ zur hygienischen Vorgehensweise bei peripherer Regionalanästhesie veröffentlicht [70]. Diese lehnen sich in vielen Punkten an nationale und internationale Hygieneempfehlungen zur Anlage von intravasalen Kathetern an [82]. International gibt es Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der Anlage von rückenmarknahen Kathetern [47]; die vermutlich bald folgende Empfehlung zur Vorgehensweise bei peripheren Blockaden dürfte ähnlich klingen.

Überraschend unklar sind die Empfehlungen zu den zu verwendenden Desinfektionsmitteln. Aufgrund widersprüchlicher Daten gibt es in den nationalen ASA-



**Abb. 3** ◀ 3D-CT-Rekonstruktion eines akzidentell abgeschnittenen Katheters bei axillärer linksseitiger Plexusanästhesie



**Abb. 4** ▲ OP-Situs bei der operativen Bergung eines abgesicherten Schmerzkatheters am N. femoralis in der linken Leiste

Empfehlungen keine klare Präferenz für eine Substanz [47]. Für die in Deutschland üblichen 70%igen alkoholbasierten Lösungen bedingen die Herstellerempfehlungen eine 10-minütige Einwirkzeit in talgdrüsenreichen Arealen (Hals, Axilla, Leiste, Brustwirbelsäule), die häufig auch die Punktionsorte bei peripherer Regionalanästhesie sind [70, 76]. Die Effektivität der 10-minütigen Einwirkzeit im Vergleich mit einer 3-maligen Wischdesinfektion bezüglich der Infektionsrate konnte in Kombination mit einer Tunnelung zwar an einem großen Patientenkollektiv belegt werden [79], dennoch erfordert die Umsetzung dieser Richtlinie eine gute Planung, um klinische Akzeptanz zu erreichen. Möglicherweise sind höhere Alkoholkonzentrationen mit entsprechend kürzerer Einwirkzeit (85%iger Alkohol, 2,5-min-Einwirkzeit in talgdrüsenreichen Arealen; [52]) eine Alternative. Breite klinische Erfahrung existiert bei der Anwendung höher konzentrierter Lösungen nicht. Eine Tunnelung des Katheters

wird bei einer voraussichtlichen Liegedauer >3 Tage empfohlen. Hierdurch kann zumindest die Besiedelungsinzidenz gesenkt werden [27, 70].

Es ist bekannt, dass das konsequente Etablieren standardisierter Hygienemaßnahmen Katheterinfektionen reduzieren kann [3, 85]. Ebenso konnte gezeigt werden, dass durch falsches Anwenden von Desinfektionssubstanzen Infektionsraten steigen [40]. Weitere klinische Studien zur Anwendung und Dosierung der Desinfektionsmittel sind erforderlich.

Nach Anlage eines Katheters ist die spezifische Überwachung durch erfahrene Mitarbeiter wichtig. Bei geringsten Anzeichen für einen Infekt (z. B. neu aufgetretener Druckschmerz, Rötung) sollten die Entfernung des Katheters sowie eine mikrobiologische Untersuchung der Spitze erfolgen, um eine evtl. notwendige antibiotische Therapie testgerecht durchzuführen. Aufgrund des zu erwartenden Keimspektrums (Staphylokokkenspezies der Haut) kann initial eine empirische

Therapie z. B. mit einem Cephalosporin der 1. oder 2. Generation erfolgen [22, 76, 77].

Im Gegensatz zu den neuraxialen Verfahren mit der analogen Komplikation des spinalen Abszesses gibt es bisher bei den peripheren Verfahren keine Berichte über dauerhafte Schäden durch Katheterinfekte, selbst wenn der Verlauf ein septisches Krankheitsbild bedingt [24].

### Weitere verfahrensbedingte Komplikationen

Eine Reihe von weiteren Komplikationen ergibt sich aus der Nervenblockade selbst bzw. aus dem Vorgehen als Katheterverfahren. Auf die wichtigsten wird in übersichtlicher Form eingegangen.

#### Druckschäden oder thermische Schäden

Unter dem Einfluss der Nervenblockade fehlt der „natürliche“ Schutz vor Druck- und thermischen Schäden. Es ist darauf zu achten, dass exponierte Stellen gut gelagert und gepolstert werden. Speziell der N. ulnaris am Ellenbogen und der N. peroneus am Fibulaköpfchen sind stark gefährdet [66]. Ein anzulegender Gips sollte immer gespalten und gut gepolstert sein; es ist ggf. sogar zu überlegen, den Schmerzkatheter zu pausieren, um vom Patienten angegebene Druckstellen nicht zu übersehen. Ähnliches gilt für die Anwendung von Wärme oder Kälte. Kühlungen mit Eis werden bei verschiedenen Operationen in den entsprechenden Leitlinien zwar empfohlen [81], gehen jedoch bei suffizienter Regionalanästhesie mit dem Risiko von Erfrierungen einher. Deren Anwendung ist somit unter der Einwirkung einer Regionalanästhesie kritisch zu sehen und sehr genau zu überwachen.

#### Kompartmentsyndrom

Durch die Regionalanästhesie kann, wie durch jede andere zu intensiv und unkritisch betriebene Schmerztherapie, ein auftretendes Kompartmentsyndrom der Weichteile verschleiert werden [90]. Eine korrekt durchgeführte periphere Regionalanästhesie bei einem kompartimentgefährdeten Krankheitsbild (z. B. Ischiasdikuskatheter bei komplexen Luxa-

tionsfrakturen im Fuß/Unterschenkelbereich) erfordert deshalb ein Problembewusstsein bei allen Beteiligten [26]. Neben dem Schmerz müssen weitere klinische Zeichen für ein Kompartmentsyndrom beachtet werden (z. B. Gewebedruck, klinisches Bild, [36]). Bei einer deutlichen Schmerzzunahme im Verlauf trotz initial gut wirkendem Schmerzkathe- ter darf nicht einfach die Dosis erhöht werden. Es müssen der Verdacht auf ein sich möglicherweise anbahnendes Kompartmentsyndrom gelenkt und die entsprechenden chirurgischen Kollegen informiert werden.

### Dislokationen und insuffiziente Analgesie

Über die Rate an primär und sekundär dislozierten bzw. ineffektiven Kathetern gibt es keine exakte Zahlen [22, 76]. Gleiches gilt für das Phänomen der Tachyphylaxie [38]. Unabhängig von der Inzidenz ist zu beachten, dass es einem Patienten mit peripherem Schmerzkathe- ter nicht schlechter gehen darf als ohne. Das bedeutet, dass Strategien erarbeitet werden müssen, die einen Durchbruchschmerz zeitnah behandeln. Wenn das zeitnahe Optimieren des Schmerzkathe- ters selbst (z. B. durch Aufspritzen, Zurückziehen o. Ä.) organisatorisch nicht möglich ist, sollte eine alternative orale oder i.v.-Strategie angeordnet werden.

### Katheterabriss, Schlingenbildung, Fehllagen

Katheterabscherungen und Abrisse sind beschrieben [75]. Das Zurückziehen eines Katheters über die liegende Kanüle ist unbedingt zu vermeiden. Die Fixierung mit einer Hautnaht birgt die Gefahr, dass der Katheter beim Entfernen durchtrennt wird und sollte daher vermieden werden. Die Fixierung mit sterilen Pflastern („Steristrips“) hat sich als suffizient und komplikationslos erwiesen. Das Abschneiden oder Abscheren des Katheters hat zur Folge, dass der im Patienten verbliebene Teil unter der Haut verschwindet und hier oft nicht mehr aufzufinden ist. Es muss davor gewarnt werden, in jedem Fall und v. a. ohne entsprechende Vorbereitung zu versuchen, den Katheter wieder aufzufinden und zu entfernen. Zunächst sollte mithilfe von Ultraschall,

Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT) versucht werden, sich ein Bild über die Lage des Katheters zu verschaffen. Liegt der Katheter sehr oberflächlich (subkutan), kann das operative Entfernen unter optimalen Bedingungen im OP versucht werden. Liegt der Katheter tiefer, ist es für den Patienten am wenigsten traumatisierend, ihn nach entsprechender Aufklärung zu belassen und dem Patienten anzubieten, erst bei eventuellen Beschwerden einen operativen Entfernungsversuch zu unternehmen.

In **Abb. 3** ist beispielhaft die 3D-CT-Rekonstruktion eines akzidentell abgeschnittenen Katheters bei axillärer linksseitiger Plexusanästhesie dargestellt. Am distalen Ende tritt der Katheter bogenförmig in das gestreckt verlaufende Gefäß-Nerven-Bündel ein. Der Katheter liegt bis heute in situ. Der Patient wurde aufgeklärt, nachbetreut und ist 3 Jahre später weiterhin beschwerdefrei. In **Abb. 4** ist die Situation der operativen Bergung eines abgesicherten Schmerzkathe- ters am N. femoralis in der linken Leiste dargestellt. Der Katheter war an der Nadelspitze abgesichert; der Führungsdraht verblieb in situ (**Abb. 4, links, Pfeile**; nach Hautschnitt). Entlang des Führungsdrahts konnte der Katheter in 3-cm-Tiefe aufgefunden und geborgen werden (**Abb. 4, rechts**).

Bei zu weitem Vorschieben eines Katheters sind Katheterknoten, Schlingenbildungen und Fehllagen möglich [21, 49, 87]. Als Vorschubstrecke wird eine Distanz von 3–5 cm empfohlen. Tritt beim Entfernen eines Katheters ein Widerstand auf, sollte der Vorgang abgebrochen und eine Röntgenaufnahme mit Kontrastmittel durchgeführt werden. Gegebenenfalls muss der Katheter chirurgisch entfernt werden.

### Punktion auf der falschen Seite

Akzidentelle Fehlpunktionen auf der falschen Seite sind ein häufig unterschätztes Phänomen. Inzidenzen bis zu 16% werden in der Literatur angegeben [88]. In vielen Kliniken finden sich inzwischen standardisierte Protokolle, die vor Beginn einer Maßnahme neben der Identität auch die korrekte Lokalisation abfragen. Mit solchen Protokollen können Nebenwir-

kungsraten erheblich reduziert werden [43].

### Spezifische Komplikationen

Die spezifischen Komplikationen ergeben sich aus dem Punktionsort. Es handelt sich hierbei überwiegend um Verletzungen von benachbarten Organen oder um das besonders hohe Risiko einer allgemeinen Komplikation durch z. B. enge Nähe zu großen Gefäßen. Entsprechend bietet sich eine Systematik nach anatomischen Gegebenheiten an.

#### Plexus brachialis

Die Nähe des Plexus brachialis zur Halswirbelsäule, den (nicht zum Plexus brachialis gehörenden) Nerven, Gefäßen und Organen des Halses sowie der oberen Thoraxapertur bedingt entsprechende spezifische Komplikationen.

#### Wirbelsäulennahe Punktionstechniken des Plexus brachialis

Die Häufigkeit einer im Rahmen einer interskalenären Blockade auftretenden Mitbeteiligung des Ganglion stellatum des Sympathikus wird mit einer Inzidenz von 12,5–75% [19] angegeben. Sie äußert sich in Form des an sich harmlosen, reversiblen, aber für den Patienten beängstigend wirkenden Horner-Syndroms (Miosis, Ptosis, Enopthalmus). Klinisch schwerwiegender können Blockaden des N. phrenicus (Zwerchfellparesen; bis zu 100% [98]) und des N. recurrens (bis zu 8%, [19]) sein, da diese mit subjektiver und objektiver pulmonaler Dysfunktion einhergehen können [53]. Diese Begleiterscheinungen sind in aller Regel reversibel und treten in Abhängigkeit vom Volumen des zur Blockade verwendeten Lokalanästhetikums auf. Kontralaterale Phrenikusparesen und Rekurrensparesen sind auszuschließen und gelten als Kontraindikation. Hierbei reichen regelhaft die klinische Untersuchung und Anamneseerhebung (abgeschwächtes Atemgeräusch, Heiserkeit) aus; eine Röntgenaufnahme der Lunge vor Durchführung einer interskalenären (oder klavikulanahen) Blockade ist nicht zwingend erforderlich. Vorteilhaft scheint hier die ultraschallgesteuerte interskalenäre Blockade

de zu sein. Aufgrund der geringeren Dosierungen an Lokalanästhetika treten Paresen des N. phrenicus seltener auf.

Punktionen des Rückenmarks mit Querschnittslähmungen oder auch eine epidurale Anästhesieausbreitung sind bei Stichtechniken, die auf die Wirbelsäule zielen (klassische interskalenäre Technik nach Winnie, dorsale Technik nach Pippa) möglich und/oder beschrieben [6, 86]. Punktionen der Trachea und des Ösophagus bei medialer Stichrichtung und bei den von dorsal kommenden interskalenären Punktionstechniken sind denkbar. In Abhängigkeit von dem Punktionort, der Stichrichtung und der Eindringtiefe der Kanüle kann auch bei der interskalenären Blockade ein Pneumothoraxrisiko nicht immer ausgeschlossen werden [19]. Durch eine nach lateral gewählte Stichrichtung können die Risiken minimiert werden [64] ebenso wie durch die Punktion unter Ultraschallkontrolle. Durch die oberflächliche Lage der Zielstrukturen sind ultraschallgesteuerte Verfahren bei dieser Blockade gut geeignet, die Risiken zu minimieren. Eine begleitende interskalenäre Plexusanästhesie kann bei Operationen in sitzender Position durch den sog. Bezold-Jarisch-Reflex bis zu 60 min nach Lagerung eine schwere Hypotonie und/oder Bradykardie auslösen. Die Therapie ist symptomatisch [67].

### **Periklavikuläre Punktionstechniken (supra- und infraklavikuläre Blockaden)**

Die periklavikulären Techniken sind mit hohen Erfolgsraten verbunden, da der Plexus brachialis hier sanduhrförmig zusammenläuft und sich kompakt präsentiert. Die Nähe zur Pleura bedingt ein relevantes Pneumothoraxrisiko. Da sich die Pleura selbst im Ultraschall regelhaft gut darstellen lässt, kann durch ihre Visualisierung und gleichzeitige „In-plane“-Punktion die Blockade sicherer sein, wenngleich ein Pneumothorax auch dann nicht ausgeschlossen ist [8]. Das Pneumothoraxrisiko liegt in Abhängigkeit von der Technik und der Untersuchungsmethode sowie der Stichrichtung zwischen 0 und 25% [44]. Blockadetechniken, die infraklavikulär eingehen und die Stichrichtung nach lateral wenden (z. B. Technik nach Raj, modifiziert nach Borgeat; [14, 15]),

haben ein geringeres Pneumothoraxrisiko [15]. Es ist jedoch zu bedenken, dass der Injektionsort dann nicht mehr optimal im Bereich der engsten Stelle des sanduhrförmig verlaufenden Plexus liegt. Blockaden des N. phrenicus sind bei infraklavikulärer Technik beschrieben und differenzialdiagnostisch bei Dyspnoe zu beachten [91]. Auch das Horner-Syndrom, Heiserkeit und Fremdkörpergefühl im Hals werden gelegentlich nach klavikularen Blockaden beobachtet, sind aber in der Regel von kurzer Dauer.

### **Axilläre Blockadetechniken**

Die axilläre Blockade beinhaltet keine spezifischen Komplikationen. Berichte über 2 Pneumothoraxe im Rahmen einer axillären Blockade [57] lassen eher am richtigen Punktionort oder an der Punktionstechnik zweifeln.

### **Plexus lumbosacralis**

Der Plexus lumbosacralis kann anästhesiologisch nicht als Einheit betrachtet werden. Er unterteilt sich für die periphere Regionalanästhesie in den Plexus lumbalis mit den Hauptpunktionstechniken der Psoas(kompartiment)-Blockade sowie der N.-femoralis-Blockade und in den Plexus sacralis, der als solcher nicht blockiert wird, sondern überwiegend nur mit seinem Hauptnerv, dem N. ischiadicus, für die periphere Regionalanästhesie relevant ist. Lediglich beim transsakralen Block können Anteile des Plexus sacralis mitanästhesiert werden.

### **Plexus lumbalis**

Die Blockade des Plexus lumbalis als Psoas(kompartiment)-Blockade wird im deutschsprachigen Raum eher seltener angewendet, obgleich es sich um eine sehr effektive Methode handelt. Die variable Tiefendimension, verbunden mit den in der Region gelegenen Organen und nervalen Strukturen, macht die Blockade jedoch zu einem relativ komplikationsträchtigen Verfahren. In einer Erhebung aus Frankreich fanden sich bei 394 Psoasblockaden 5 schwere Komplikationen, darunter ein Todesfall [4]. Als Komplikationen beschrieben sind Nierenpunktionen [2], denkbar bei tiefer Punktion sind Verletzungen des Darms oder der großen

Bauchgefäße. Ebenfalls berichtet wurden spinale und peridurale Blockaden sowie Katheterlagen im Spinalkanal [59, 87] mit der Gefahr einer „totalen Spinalanästhesie“. Die Häufigkeit der periduralen Wirkung wird mit bis zu 88% angegeben [65]. Zum Ausschluss einer intrathekalen Applikation des Lokalanästhetikums wird die Gabe einer Testdosis unbedingt empfohlen. Zur Vermeidung von Fehlpunktionen von Nachbarorganen kann der Einsatz des Ultraschalls vor bzw. während der Punktion sinnvoll sein.

Die Punktion des N. femoralis geht nicht mit spezifischen Komplikationen einher. Lediglich bei sehr weit proximal (am Leistenband) gelegenen Punktionort, verbunden mit einer großen Punktionstiefe, sind Verletzungen von Organen im Unterbauch denkbar, aber nicht beschrieben.

### **Plexus sacralis und N. ischiadicus**

Bei der Blockade des N. ischiadicus sind nur bei den sehr proximal gelegenen Punktionstechniken wie der parasakralen Blockadetechnik (Technik nach Mansour) spezifische Komplikationen zu beachten. Bei der parasakralen Technik sind ebenso wie bei einer etwas nach medial modifizierten transglutealen Technik und bei der anterioren Stichtechnik Verletzungen größerer Gefäße (A. femoralis, A. glutea inferior) möglich. Bei den proximalen Techniken ist an ein Eindringen der Nadel in das kleine Becken mit konsekutiver Verletzung der Strukturen (Blase, Rektum u. a.) zu denken. Ebenfalls möglich sind echte Blockaden des Plexus sacralis durch Diffusion des Lokalanästhetikums mit z. B. Blasenentleerungsstörungen [65].

### **Fazit für die Praxis**

- Die Injektion von Lokalanästhetikum in Bezug auf den Nerv sollte generell nach dem Grundsatz erfolgen: „So nah wie nötig, so weit weg wie möglich“.
- Bei Auftreten von Nervenschäden ist es empfehlenswert, neben der eigenen klinischen Befunderhebung eine fachärztlich-neurologische Beurteilung einzuholen, u. a. auch, um eine differenzialdiagnostische Abklärung der Ursache sicherzustellen und zu dokumentieren. Nervenschäden durch

periphere Regionalanästhesie sind selten und haben eine gute Prognose.

- Die periphere Regionalanästhesie unter erhöhtem Blutungsrisiko bedarf einer kritischen Risiko-Nutzen-Bewertung. Es sind nach Möglichkeit Blockaden zu bevorzugen, die kein erhöhtes Risiko für Gefäßpunktionen haben.
- Zur Vermeidung von Intoxikationen durch intravasale Injektion ist ein kontinuierliches Monitoring des Patienten während der Injektion wichtig. Die Injektion sollte langsam erfolgen. Je nach Durchblutung des Gewebes, in das injiziert wurde, können die Wirkspiegel schwanken und Spitzenspiegel unterschiedlich schnell erreicht werden.
- Das konsequente Etablieren standardisierter Hygienemaßnahmen kann Katheterinfektionen reduzieren.
- Die spezifischen Komplikationen der peripheren Regionalanästhesien ergeben sich aus dem Punktionsort. Zum Ausschluss einer intrathekalen Applikation des Lokalanästhetikums wird die Gabe einer Testdosis unbedingt empfohlen. Durch eine entsprechend gewählte Stichrichtung oder durch die Punktion unter Ultraschallkontrolle können die Risiken minimiert werden.

**Korrespondenzadresse**

**Dr. M. Neuburger**  
 Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin,  
 Ortenau Klinikum  
 Josef-Wurzler-Str. 7, 77855 Achern  
 michaelneuburger@aol.com

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor weist auf folgende Beziehungen hin: Beide Autoren: gelegentlich Vortragstätigkeiten für die Fa. AstraZeneca.

**Literatur**

1. Abrahams MS, Aziz MF, Fu RF et al (2009) Ultrasound guidance compared with electrical neurostimulation for peripheral nerve block: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth* 102:408–417
2. Aida S, Takahashi H, Shimoji K (1996) Renal subcapsular hematoma after lumbar plexus block. *Anesthesiology* 84:452–455

3. Aly H, Herson V, Duncan A et al (2005) Is bloodstream infection preventable among premature infants? A tale of two cities. *Pediatrics* 115:1513–1518
4. Auroy Y, Benhamou D, Bagues L et al (2002) Major complications of regional anesthesia in France: the SOS Regional Anesthesia Hotline Service. *Anesthesiology* 97:1274–1280
5. Barrington MJ, Watts SA, Gledhill SR et al (2009) Preliminary results of the Australasian Regional Anaesthesia Collaboration: a prospective audit of more than 7000 peripheral nerve and plexus blocks for neurologic and other complications. *Reg Anesth Pain Med* 34:534–541
6. Benumof JL (2000) Permanent loss of cervical spinal cord function associated with interscalene block performed under general anesthesia. *Anesthesiology* 93:1541–1544
7. Bernards CM, Hadzic A, Suresh S et al (2008) Regional anesthesia in anesthetized or heavily sedated patients. *Reg Anesth Pain Med* 33:449–460
8. Bhatia A, Lai J, Chan VW et al (2010) Pneumothorax as a complication of the ultrasound-guided supraclavicular approach for brachial plexus block. *Anesth Analg* 111:817–819
9. Bickler P, Brandes J, Lee M et al (2006) Bleeding complications from femoral and sciatic nerve catheters in patients receiving low molecular weight heparin. *Anesth Analg* 103:1036–1037
10. Bigeleisen PE (2006) Nerve puncture and apparent intraneural injection during ultrasound-guided axillary block does not invariably result in neurologic injury. *Anesthesiology* 105: 779–783
11. Bigeleisen PE, Moayeri N, Groen GJ (2009) Extraneural versus intraneural stimulation thresholds during ultrasound-guided supraclavicular block. *Anesthesiology* 110:1235–1243
12. Bigeleisen PE, Groen GJ, Moayeri N (2010) Ultrasound-guided supraclavicular block: what is intraneural? *Anesthesiology* 112:250–252
13. Bonnet F, Marret E (2005) Influence of anaesthetic and analgesic techniques on outcome after surgery. *Br J Anaesth* 95:52–58
14. Borgeat A, Dullenkopf A, Ekatomdramis G et al (2003) Evaluation of the lateral modified approach for continuous interscalene block after shoulder surgery. *Anesthesiology* 99:436–442
15. Borgeat A, Ekatomdramis G (2002) Brachial plexus block. *Curr Opin Anaesthesiol* 15:537–542
16. Braid DP, Scott DB (1965) The systemic absorption of local analgesic drugs. *Br J Anaesth* 37: 394–404
17. Brull R, McCartney CJ, Chan VW et al (2007) Neurological complications after regional anesthesia: contemporary estimates of risk. *Anesth Analg* 104:965–974
18. Büttner J, Meier G (1999) Kontinuierliche periphere Techniken zur Regionalanästhesie und Schmerztherapie. *UniMed, Bremen*, S 56
19. Büttner J (2003) Nervenblockaden an der oberen Extremität. In: Van Aken H (Hrsg) Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. 2. Aufl. Kapitel 8. Thieme, Stuttgart, S 268
20. Büttner J, Bürkle H, Gogarten W et al (2005) Thromboembolieprophylaxe bei peripheren Blockadetechniken zur Regionalanästhesie. Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 46:319–322
21. Burgher AH, Hebl JR (2007) Minimally invasive retrieval of knotted nonstimulating peripheral nerve catheters. *Reg Anesth Pain Med* 32:162–166
22. Capdevila X, Pirat P, Bringuier S et al (2005) Continuous peripheral nerve blocks in hospital wards after orthopedic surgery: a multicenter prospective analysis of the quality of postoperative analgesia and complications in 1,416 patients. *Anesthesiology* 103:1035–1045
23. Capdevila X, Bringuier S, Borgeat A (2009) Infectious risk of continuous peripheral nerve blocks. *Anesthesiology* 110:182–188
24. Clendenen SR, Robards CB, Wang D et al (2010) Continuous interscalene block associated with neck hematoma and postoperative sepsis. *Anesth Analg* 110:1236–1238
25. Collet JP, Montalescot G, Blanchet B et al (2004) Impact of prior use or recent withdrawal of oral antiplatelet agents on acute coronary syndromes. *Circulation* 110:2361–2367
26. Cometa MA, Esch AT, Boezaart AP (2011) Did continuous femoral and sciatic nerve block obscure the diagnosis or delay the treatment of acute lower leg compartment syndrome? *Pain Med* 12:823–828
27. Compère V, Legrand JF, Guitard PG et al (2009) Bacterial colonization after tunneling in 402 perineural catheters: a prospective study. *Anesth Analg* 108:1326–1330
28. Corman SL, Skledar SJ (2007) Use of lipid emulsion to reverse local anesthetic-induced toxicity. *Ann Pharmacother* 41:1873–1877
29. Cuvillon P, Ripart J, Lalourcey L et al (2001) The continuous femoral nerve block catheter for postoperative analgesia: bacterial colonization, infectious rate and adverse effects. *Anesth Analg* 93:1045–1049
30. Englesson S (1974) The influence of acid-base changes on central nervous system toxicity of local anaesthetic agents I. *Acta Anaesthesiol Scand* 18:79–87
31. Englesson S, Grevsten S (1974) The influence of acid-base changes on central nervous system toxicity of local anaesthetic agents II. *Acta Anaesthesiol Scand* 18:88–103
32. Felice K, Schumann H (2008) Intravenous lipid emulsion for local anesthetic toxicity: a review of the literature. *J Med Toxicol* 4:184–191
33. Ferrari E, Benhamou M, Cerboni P et al (2005) Coronary syndromes following aspirin withdrawal: a special risk for late stent thrombosis. *J Am Coll Cardiol* 45:456–459
34. Förster JG, Rosenberg PH (2003) Clinically useful adjuvants in regional anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 16:477–486
35. Fredrickson MJ, Kilfoyle DH (2009) Neurological complication analysis of 1000 ultrasound guided peripheral nerve blocks for elective orthopaedic surgery: a prospective study. *Anaesthesia* 64:836–844
36. Fulkerson E, Razi A, Tejwani N (2003) Review: acute compartment syndrome of the foot. *Foot Ankle Int* 24:180–187
37. Gogarten W, Vandermeulen E, Van Aken H, European Society of Anaesthesiology (2010) Regional anaesthesia and antithrombotic agents: recommendations of the European Society of Anaesthesiology. *Eur J Anaesthesiol* 27:999–1015

38. Graf BM, Niesel HC (2003) Pharmakologie der Lokalanästhetika. In: Van Aken H (Hrsg) Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. 2. Aufl. Kapitel 2. Thieme, Stuttgart, S 34–119
39. Hadzic A, Dilberovic F, Shah S et al (2004) Combination of intraneural injection and high injection pressure leads to fascicular injury and neurologic deficits in dogs. *Reg Anesth Pain Med* 29:417–423
40. Haessler S, Connelly NR, Kanter G et al (2010) A surgical site infection cluster: the process and outcome of an alcohol-based surgical antiseptic product and human behavior. *Anesth Analg* 110:1044–1048
41. Hanna MN, Murphy JD, Kumar K et al (2009) Regional techniques and outcome: what is the evidence? *Curr Opin Anaesthesiol* 22:672–677
42. Hartrick CT, Dirkes WE, Coyle DE et al (1984) Influence of bupivacaine on mepivacaine protein binding. *Clin Pharmacol Ther* 36:546–550
43. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR et al (2009) A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med* 360:491–499
44. Hempel V (1999) Anästhesie des Plexus brachialis. *Anaesthesist* 48:341–355
45. Hiller DB, Di Gregorio G, Kelly K et al (2010) Safety of high volume lipid emulsion infusion: a first approximation of LD50 in rats. *Reg Anesth Pain Med* 35:140–144
46. Horlocker TT, Kufner RP, Bishop AT et al (1999) The risk of persistent paresthesia is not increased with repeated axillary block. *Anesth Analg* 88:382–387
47. Horlocker TT, Birnbach DJ, Connis RT et al (2010) Practice advisory for the prevention, diagnosis, and management of infectious complications associated with neuraxial techniques: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on infectious complications associated with neuraxial techniques. *Anesthesiology* 112:530–545
48. Horlocker TT, Wedel DJ, Rowlingson JC et al (2010) Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (third edition). *Reg Anesth Pain Med* 35:64–101
49. Jenkins CR, Karmakar MK (2005) An unusual complication of interscalene brachial plexus catheterization: delayed catheter migration. *Br J Anaesth* 95:535–537
50. Jeske C, Raedler C, Goedecke A von et al (2003) Early identification of bacteria leading to central venous catheter contamination. *Anesth Analg* 97:940–943
51. Kaiser H, Niesel HC, Hans V (1990) Grundlagen und Anforderungen der peripheren elektrischen Nervenstimulation. Ein Beitrag zur Erhöhung des Sicherheitsstandards in der Regionalanästhesie. *Reg Anesth Pain Med* 13:143–147
52. Kampf G, Pitten FA, Heeg P et al (2007) Efficacy of two ethanol-based skin antiseptics on the forehead at shorter application times. *BMC Microbiol* 7:85 (<http://www.biomedcentral.com/1471-2180/7/85>)
53. Kempen PM, O'Donnell J, Lawler R et al (2000) Acute respiratory insufficiency during interscalene plexus block. *Anesth Analg* 90:1415–1416
54. Klein SM, D'Ercole F, Greengrass RA et al (1997) Enoxaparin associated with psoas hematoma and lumbar plexopathy after lumbar plexus block. *Anesthesiology* 87:1576–1579
55. Kozek-Langenecker SA, Fries D, Gutl M et al (2005) Lokoregionalanästhesien unter gerinnungshemmender Medikation – Empfehlungen der Arbeitsgruppe Perioperative Gerinnung (AGPG) der Österreichischen Gesellschaft für Anästhesiologie Reanimation und Intensivmedizin (ÖGARI). *Anaesthesist* 54:476–484
56. Lee LA, Posner KL, Domino KB et al (2004) Injuries associated with regional anesthesia in the 1980s and 1990s: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 101:143–152
57. Lee LA, Posner KL, Cheney FW et al (2008) Complications associated with eye blocks and peripheral nerve blocks: an American Society of Anesthesiologists closed claims analysis. *Reg Anesth Pain Med* 33:416–422
58. Leskiw U, Weinberg GL (2009) Lipid resuscitation for local anesthetic toxicity: is it really lifesaving? *Curr Opin Anaesthesiol* 22:667–671
59. Litz RJ, Vicent O, Wiessner D et al (2004) Misplacement of a psoas compartment catheter in the subarachnoid space. *Reg Anesth Pain Med* 29:60–64
60. Lupu CM, Kiehl TR, Chan VWS et al (2010) Nerve expansion seen on ultrasound predicts histologic but not functional nerve injury after intraneural injection in pigs. *Reg Anesth Pain Med* 35:132–139
61. MacDonald KS, Sites BD (2010) Electron microscopy evaluation of block needle-related trauma to the tibial nerve. *Acta Anaesthesiol Scand* 54:426–429
62. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Kettner SC et al (2010) Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 1. *Br J Anaesth* 104:538–546
63. McNamara PJ, Slaughter RL, Pieper JA et al (1981) Factors influencing serum protein binding of lidocaine in humans. *Anesth Analg* 60:395–400
64. Meier G, Bauereis C, Heinrich C (1997) Interscalene brachial plexus catheter for anesthesia and postoperative pain therapy. Experience with a modified technique. *Anaesthesist* 46:715–719
65. Meier G (2003) Nervenblockaden an der unteren Extremität. In: Van Aken H (Hrsg) Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. 2. Aufl. Kapitel 9. Thieme, Stuttgart, S 306
66. Meier G, Büttner J (2003) Allgemeine Aspekte peripherer Nervenblockaden der Extremitäten. In: Van Aken H (Hrsg) Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. 2. Aufl. Kapitel 7. Thieme, Stuttgart, S 237–266
67. Meier G, Büttner J (2006) Atlas der peripheren Regionalanästhesie. 2. Aufl. Kapitel 2. Thieme, Stuttgart, S 26
68. Moore DC (1997) No paresthesias – no anesthesia, the nerve stimulator or neither? *Reg Anesth Pain Med* 22:388–390
69. Morfey D, Brull R (2010) Ultrasound-guided supraclavicular block: what is intraneural? *Anesthesiology* 112:250–252
70. Morin AM, Kerwat KM, Büttner J et al (2006) Hygiene recommendations for the initiation and continued care of regional anaesthetic procedures – The 15 „musts“ of the Scientific Working Group Regional Anaesthesia. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 47:372–379
71. Morishima H, Pedersen H, Finster M et al (1985) Bupivacaine toxicity in pregnant and nonpregnant ewes. *Anesthesiology* 63:134–139
72. Neal JM, Bernards CM, Hadzic A et al (2008) ASRA practice advisory on neurologic complications in regional anesthesia and pain medicine. *Reg Anesth Pain Med* 33:404–415
73. Neal JM, Bernards CM, Butterworth JF 4th et al (2010) ASRA practice advisory on local anesthetic systemic toxicity. *Reg Anesth Pain Med* 35:152–161
74. Neuburger M, Kaiser H, Rembold-Schuster I et al (1998) Vertical infraclavicular brachial-plexus blockade. A clinical study of reliability of a new method for plexus anesthesia of the upper extremity. *Anaesthesist* 47:595–599
75. Neuburger M, Büttner J (2005) Der abgescherete Schmerzkatheter. *Regional Express* 1:8 ([http://www.internetregionalexpress.de/journal/pdf/Reg\\_Exp\\_1\\_2005.pdf](http://www.internetregionalexpress.de/journal/pdf/Reg_Exp_1_2005.pdf))
76. Neuburger M, Breitbarth J, Reisig F et al (2006) Complications and adverse events in continuous peripheral regional anesthesia. Results of investigations on 3,491 catheters. *Anaesthesist* 55:33–40
77. Neuburger M, Büttner J, Blumenthal S et al (2007) Inflammation and infection complications of 2285 perineural catheters: a prospective study. *Acta Anaesthesiol Scand* 51:108–114
78. Neuburger M, Büttner J (2009) Allgemeine oder Regionale Anästhesie in der Extremitätenchirurgie. In: Eckart J, Jaeger K, Möllhoff T (Hrsg) Anästhesiologie. Kapitel 6.2.2. EcoMed, Landsberg
79. Neuburger M, Reisig F, Zimmermann L (2009) Infection control in continuous peripheral regional anesthesia. Clinical study on disinfection time and subcutaneous tunneling in interscalene plexus anesthesia. *Anaesthesist* 58:795–799
80. Neuburger M, Kaiser H (2010) Nicht ohne meinen Nervenstimulator – die periphere elektrische Nervenstimulation in der Regionalanästhesie. In: Eckart J, Jaeger K, Möllhoff T (Hrsg) Anästhesiologie. Kapitel 6.2.9. EcoMed, Landsberg
81. Neugebauer E, Laubenthal H, Becker M (2009) S3-Leitlinie. Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen. (AWMF-Register Nr. 041/001)
82. O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP et al (2002) Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. The Hospital Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC), Center for Disease Control and Prevention (CDC). *MMWR Recomm Rep* 51:1–29
83. Perlas A, Niazi A, McCartney C et al (2006) The sensitivity of motor response to nerve stimulation and paresthesia for nerve localization as evaluated by ultrasound. *Reg Anesth Pain Med* 31:445–450
84. Perthes G (1912) Über Leitungsanästhesie unter Zuhilfenahme elektrischer Reizung. *Munch Med Wochenschr* 47:2545–2551
85. Pronovost P, Needham D, Berenholtz S et al (2006) An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *N Engl J Med* 355:2725–2732. (Erratum in: *N Engl J Med*. 2007 Jun 21;356:2660)
86. Rettig HC, Gielen MJ, Jack NT et al (2006) A comparison of the lateral and posterior approach for brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 31:119–126

87. Rotzinger M, Neuburger M, Kaiser H (2004) Inadvertent epidural placement of a psoas compartment catheter. Case report of a rare complication. *Anaesthesist* 53:1069–1072
88. Rupp SM (2008) Unintentional wrong-sided peripheral nerve block. *Reg Anesth Pain Med* 33:95–97
89. Selander D, Dhunér KG, Lundborg G (1977) Peripheral nerve injury due to injection needles used for regional anesthesia. An experimental study of the acute effects of needle point trauma. *Acta Anaesthesiol Scand* 21:182–188
90. Sorrentino F, Eggli S, Stricker U et al (1998) Missed compartment syndrome after anterior cruciate ligament-plasty following continuous peridural anesthesia. *Unfallchirurg* 101:491–494
91. Stadlmeyer W, Neubauer J, Finkl RO et al (2000) Unilateral phrenic nerve paralysis after vertical infraclavicular plexus block. *Anaesthesist* 49:1030–1033
92. Steffen P, Seeling W, Essig A (2004) Bacterial contamination of epidural catheters: microbiological examination of 502 epidural catheters used for postoperative analgesia. *J Clin Anesth* 16:92–97
93. Steinfeldt T, Nimphius W, Werner T (2010) Nerve injury by needle nerve perforation in regional anaesthesia: does size matter? *Br J Anaesth* 104:245–253
94. Steinfeldt T, Werner T, Nimphius W (2011) Histological analysis after peripheral nerve puncture with pencil-point or Tuohy needle tip. *Anesth Analg* 112:465–470
95. Sztark F, Malgat M, Dabadie P et al (1998) Comparison of the effects of bupivacaine and ropivacaine on heart cell mitochondrial bioenergetics. *Anesthesiology* 88:1340–1349
96. Thomas PW, Sanders DJ, Berrisford RG (1999) Pulmonary haemorrhage after percutaneous paravertebral block. *Br J Anaesth* 83:668–669
97. Tsui BC, Pillay JJ, Chu KT et al (2008) Electrical impedance to distinguish intraneural from extraneural needle placement. *Anesthesiology* 109:479–483
98. Urmey WF (2000) Interscalene block: the truth about twitches. *Reg Anesth Pain Med* 25:340–342
99. Urmey WF, Stanton J (2002) Inability to consistently elicit a motor response following sensory paresthesia during interscalene block administration. *Anesthesiology* 96:552–554
100. Vandermeulen E (2003) Guidelines on anticoagulants and the use of locoregional anesthesia. *Minerva Anesthesiol* 69:407–411
101. Volk T, Engelhardt L, Spies C (2009) Incidence of infection from catheter procedures for regional anesthesia: first results from the network of DGAI and BDA. *Anaesthesist* 58:1107–1112
102. Volk T, Engelhardt L, Spies C (2009) A German network for regional anaesthesia of the scientific working group regional anaesthesia within DGAI and BDA. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 44:778–780
103. Volk T, Engelhardt L, Spies C et al (2009) Incidence of infection from catheter procedures for regional anesthesia: first results from the network of DGAI and BDA. *Anaesthesist* 58:1107–1112
104. Volk T, Graf BM, Gogarten W et al (2009) Empfehlungen zur Lipidbehandlung bei der Intoxikation mit Lokalanästhetika. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 50:698–702
105. Weller RS, Gerancher JC, Crews JC et al (2003) Extensive retroperitoneal hematoma without neurologic deficit in two patients who underwent lumbar plexus block and were later anticoagulated. *Anesthesiology* 98:581–585
106. Zausig YA, Zink W, Keil M et al (2009) Lipid emulsion improves recovery from bupivacaine-induced cardiac arrest, but not from ropivacaine- or mepivacaine-induced cardiac arrest. *Anesth Analg* 109:1323–1326
107. Zink W, Graf BM (2003) Toxicology of local anesthetics. Clinical, therapeutic and pathological mechanisms. *Anaesthesist* 52:1102–1123

## Training für ultraschallgestützte Schmerztherapie

Ultraschall gewinnt in der Anästhesie zunehmend an Bedeutung: Spezielle Verfahren erleichtern die punktgenaue Betäubung von Nerven oder genaue Platzierung von Kathetern in Blutgefäßen.

Dem Heidelberger Forscher Dr. Jens Keßler ist es nun gelungen ein Training zu entwickeln, das den Einsatz von hochfrequentem Ultraschall unter realen Bedingungen an Präparaten ermöglicht. Er erforschte, ob bei einer speziellen Methode zur Konservierung von Leichen mit einer Mischung aus Glycerol und hochkonzentriertem Alkohol die Nerven, Muskeln und Sehnen mit Ultraschall dargestellt werden können.

Es zeigte sich, dass die Gewebe im Ultraschall ebenso gut sichtbar waren wie bei lebenden Patienten und besser zugänglich als bei klassisch mit Formalin konservierten Leichen. Damit war erstmals ein realitätsnahes Training von Nervenblockaden unter Ultraschallkontrolle möglich. Für den darauf aufbauenden, internationalen Workshop und ein neues E-Learning-Konzept, bei dem ein Trainer-Team mit Geräten direkt zu den interessierten Ärzten kommt und Aufnahmen eigener Eingriffe bewerten werden, wurde der Wissenschaftler nun mit dem „Young Teaching Recognition Award“ der Europäischen Gesellschaft für Anästhesiologie (ESA) ausgezeichnet.

*Quelle: Universität Heidelberg,  
www.uni-heidelberg.de*