

Sonographie in der Anästhesie

Ultraschallgesteuerte Prozesse in der Anästhesiologie

von
Kefalianakis

1. Auflage

Sonographie in der Anästhesie – Kefalianakis

schnell und portofrei erhältlich bei beck-shop.de DIE FACHBUCHHANDLUNG

Thieme 2004

Verlag C.H. Beck im Internet:

www.beck.de

ISBN 978 3 13 139711 9

3 Ultraschall in der Regionalanästhesie

Lange Zeit galt die sonografische Darstellung von Nerven als nicht durchführbar. Seit Ende der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts wurden jedoch zunehmend Arbeiten veröffentlicht, welche die Darstellung nervaler Strukturen durch sonografische Untersuchungen beschreiben. Dies wurde durch die technische Entwicklung von hochauflösenden Ultraschallsystemen möglich.

Sample et al. identifizierten 1978 als erstes den N. laryngeus. 1985 belegten *Solbati* et al., dass die Sonografie aufgrund der Darstellbarkeit möglicher Pathologika im Verlauf des N. laryngeus bei der Diagnostik von Stimmbandlähmungen eine wertvolle Ergänzung bildet. Dabei wurde der Nerv als hypoechogene Struktur mit einem Durchmesser von 1–2 mm beschrieben.

1988 setzte *Fornage* erstmalig einen Linearscanner mit 7,5 MHz für die Untersuchung peripherer Nerven in der oberen und unteren Extremität ein. Auch er beschrieb die Nerven als hypoechogene Struktur mit fibrillären Unterbrechungen, ähnlich der sonografischen Struktur von Sehnen, und konnte pathologische Befunde an den Nerven erheben. *Fornage* stellt außerdem in seiner Publikation fest, dass zur Identifikation der Nerven mit Hilfe des Ultraschalls die sichere Identifikation der umliegenden anatomischen Strukturen notwendig ist.

Graif et al. (1991) untersuchten sonografisch den N. ischiadicus bei insgesamt 10 Freiwilligen und 16 Patienten mit Verdacht auf Nervenläsionen. Der N. ischiadicus stellte dabei eine fibrilläre Grundstruktur dar und im Transversalschnitt wurden feinblasige hypoechogene Reflexzonen festgestellt.

Silvestri et al. (1995) bestätigten die vorherigen Befunde und erkannten durch Vergleiche mit histologischen Präparaten, dass es sich bei den hyperechogenen fibrillären Strukturen um eine Mischung aus Bindegewebe, feinen Blutgefäßen und Fettgewebe handelt.

Sheppard et al. (1998) untersuchten an Freiwilligen die Möglichkeit der Darstellung des brachialen Plexus und konnten die jeweiligen Trunki, Faszikel und Nerven sowohl supra- als auch infraklavikulär darstellen. Auch hier imponierten die jeweiligen Strukturen des Plexus brachialis als klar abgrenzbare hypoechogene Bezirke mit teilweise hyperechogenem Saum. Aufgrund dieser Befunde wurde erstmalig die Verwendung der Sonografie für anästhesiologische Zwecke in Betracht gezogen.

Weitere Arbeiten mit ähnlichen Ergebnissen folgten sowohl in der radiologischen als auch in der anästhesiologischen Literatur. *Yang* et al. (1998) sowie *Perlas* et al. (2003) beschrieben die sonografische Unterstützung bei der Blockade des Plexus brachialis – unabhängig vom Zugang – als sicher und effektiv. Bei den letztgenannten Arbeiten wurden Frequenzen von 15 MHz angewandt, ein Bereich, der aufgrund hoher Investitionskosten im Routinealltag der Klinik bislang noch keinen hohen Stellenwert besitzt.

3.1 Voraussetzungen für die Darstellung von Nervengewebe

Bezüglich des Auflösungsvermögens im Bereich peripherer Nerven ist der Ultraschall dem MRT als gleichwertig zu betrachten, in einigen Fragestellungen sogar überlegen. Bei Anwendung hoher Frequenzen lässt sich eine hohe Auflösung erzielen. Bekanntermaßen geht jedoch eine hohe Auflösung auf Kosten der Eindringtiefe. Für die Darstellung peripherer Nerven werden in der Regel Frequenzen zwischen 7 und 12 MHz verwendet, die Grenzen für die Eindringtiefe liegen bei ca. 5 cm ab Hautniveau. Bei niedrigerer Frequenz können weniger Faszikel aufgelöst werden und es kommt zu einer Verschmelzung der Fasern. Laut Literatur werden idealerweise auch im Rückenmarksbereich Frequenzen zwischen 5 und 10 MHz benutzt.

Persönlich empfehlen wir eine feste Einstellung des Ultraschall-Gerätes auf 10 MHz und – wie für die Darstellung von Gefäßen – die Verwendung eines Linearschallkopfes. Dadurch kann für beide Anwendungsgebiete – Gefäßpunktion und Blockade von Nerven – dieselbe Geräteausrüstung vom Anästhesisten genutzt werden und das umständliche Wechseln von Gerätschaften entfällt.

Die Darstellung nervaler Strukturen ist stark abhängig von der Position des Schallkopfes. Allein die Verschiebung in bestimmte Richtungen kann eine scheinbare Veränderung der anatomischen Strukturen hervorrufen (Abb. 3.1). Dessen sollte man sich während der sonografischen Untersuchung immer bewusst sein.

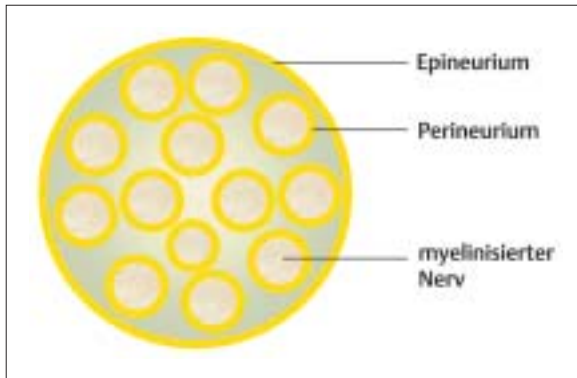


Abb. 3.1 Schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Nerv.

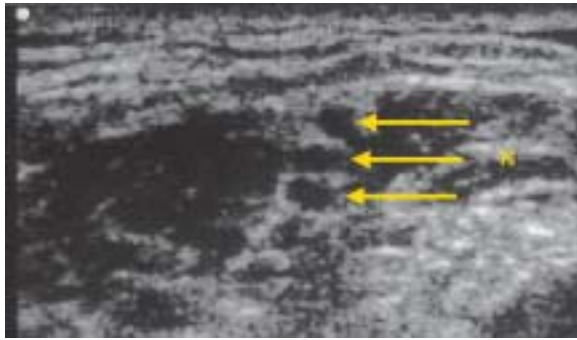


Abb. 3.3 Die Trunki (N) des Plexus brachialis erscheinen deutlich hypoechoogen mit einem hyperechoogenen Saum, der dem Perineurium und Fett entspricht.

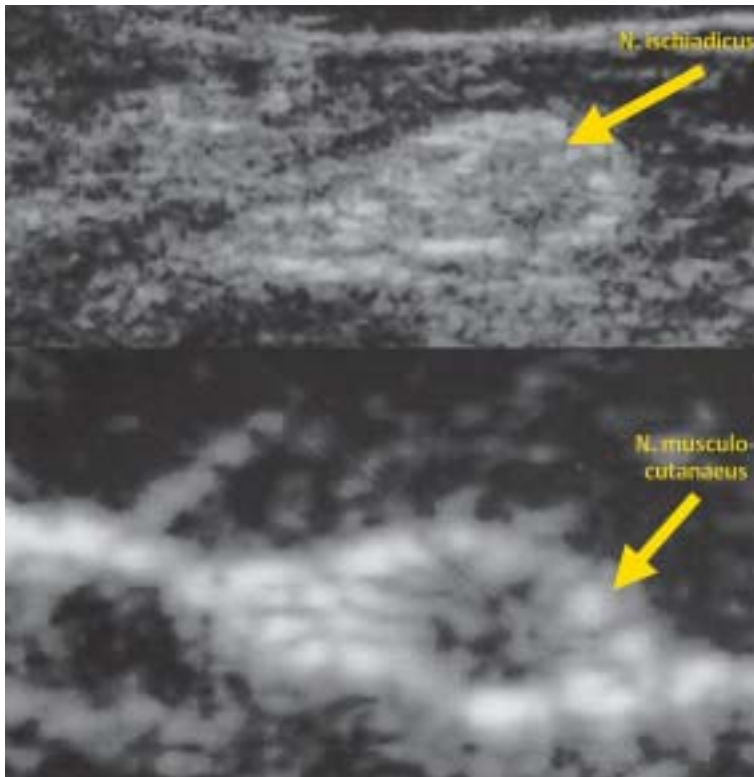


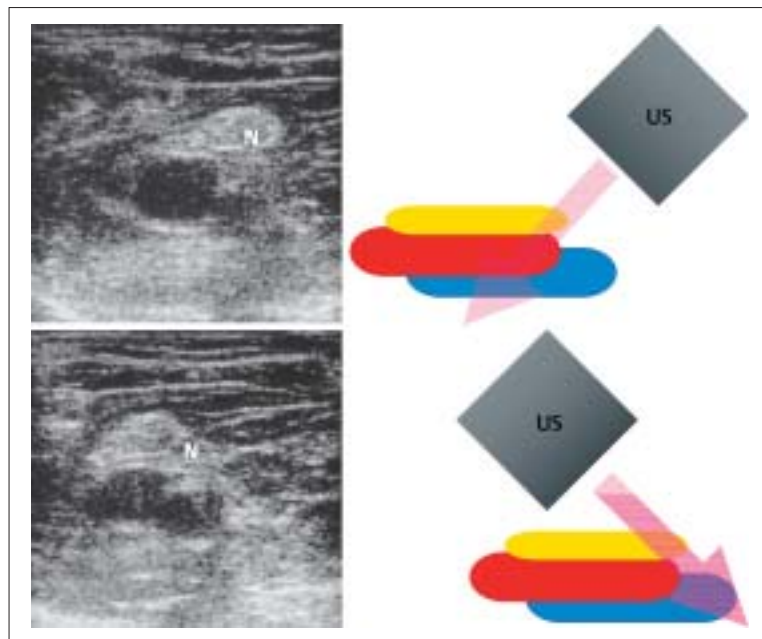
Abb. 3.2 Die Mischung aus hypo- und hyperechoogenen Anteilen einer nervalen Struktur ist je nach Nerv unterschiedlich, wie hier am Beispiel des N. ischiadicus bzw. des N. musculocutaneus deutlich wird. Beide Nerven unterscheiden sich bezüglich ihrer sonografischen Echotextur erheblich.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass es ein spezifisches sonografisches Zeichen bzw. einen „Indikator“ für nervale Strukturen nicht gibt. Die jeweilige Darstellung und somit auch die Identifizierung der Nerven ist von so vielen Parametern abhängig, dass eine Voraussage nur bedingt möglich ist. Nicht zu vernachlässigen ist ferner die hohe individuelle Variabilität. Dies alles erschwert dem Anfänger die Interpretation und Detektion von Nerven erheblich.

Im Allgemeinen ist die Darstellung nervaler Strukturen äußerst inhomogen. Dies hat mehrere Ursachen. Mikroskopisch betrachtet, handelt es sich bei einem Nerv um eine so genannte „hypoechoogene“ Struktur. Die „Hypoechoogenität“ stellt sich sonografisch als eine dunkle Zone dar. Diese Zone entspricht also der eigentlichen nervalen Struktur. Die faszikulären Umhüllungen dieser nervalen Strukturen – also Perineurium, Binde- und Fettgewebe – können jedoch erheblich zu einer Reflexion beitragen, was als „hyperechoogene“ Struktur imponiert. Als Summationseffekt dieser beiden Phänomene erhält man eine Mischung aus hell aufblitzenden Formen, die mit einer Fülle von feinblasigen Binnenstrukturen vergesellschaftet sind. Je nach Nerv kann das Verhältnis zwischen hypo- und hyperechoogenen Anteilen unterschiedlich ausfallen (Abb. 3.2 u. Abb. 3.3). Zudem sind diese Phänomene je nach Einstellung des Ultraschallgerätes und Wahl des Winkels des Schallkopfes unterschiedlich ausgeprägt.

Allgemein gilt, dass man dann eine optimale sonografische Darstellung von Nervengewebe erzielt, wenn die

Abb. 3.4 Durch Veränderung der Lage des Schallkopfes (US) und der Richtung der Schallwellen kann eine scheinbare Positionsverschiebung der Nerven (N) vorgetäuscht werden.



Schallwellenebene die jeweils zu untersuchenden Nerven orthograd schneidet. Schon geringfügige Änderungen können die Bildqualität erheblich beeinträchtigen. Daher ist es sinnvoll, den Schallkopf einige Male zu kippen, bis die beste Darstellung am Monitor erscheint (Abb. 3.4 bis 3.7).

Sehr leicht können Nerven mit Sehnen verwechselt werden. Gerade an der unteren Extremität kommen solche Situationen häufiger vor, da beide Strukturen viele hyperechogene Anteile besitzen. In solchen Fällen muss man sich in erster Linie an der topografischen Anatomie orientieren. Weiterhin können Verläufe – wie die Aufzweigung nach distal beim N. ischiadicus –, die typisch für eine bestimmte Struktur sind, als weiteres Unterscheidungskriterium herangezogen werden.

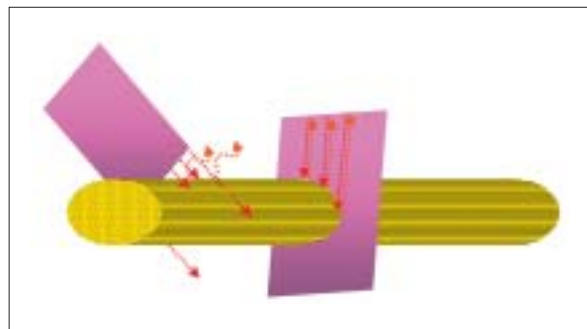


Abb. 3.5 Die sonografische Darstellung von Nerven wird erheblich vom Winkel der Schallebene beeinflusst. Die günstigste Darstellung erreicht man bei orthogradem Auftreffen der Schallwellen auf die Nervenfasern.

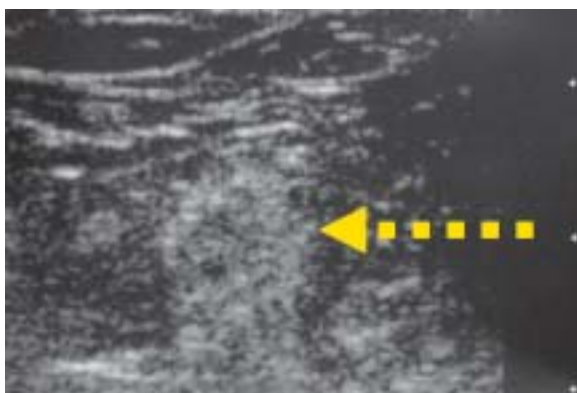


Abb. 3.6 a, b Darstellung des N. ischiadicus bei verschiedenen Winkeln zur Schallebene.

a Der Winkel zwischen Schallebene und Nerv beträgt ca. 45°. Der N. ischiadicus lässt sich zwischen den Muskelloggen nur erahnen.



b Der Winkel zwischen Schallebene und Nerv beträgt ca. 90°. Der N. ischiadicus lässt sich jetzt optimal sonografisch darstellen und grenzt sich eindeutig von der Umgebung ab.

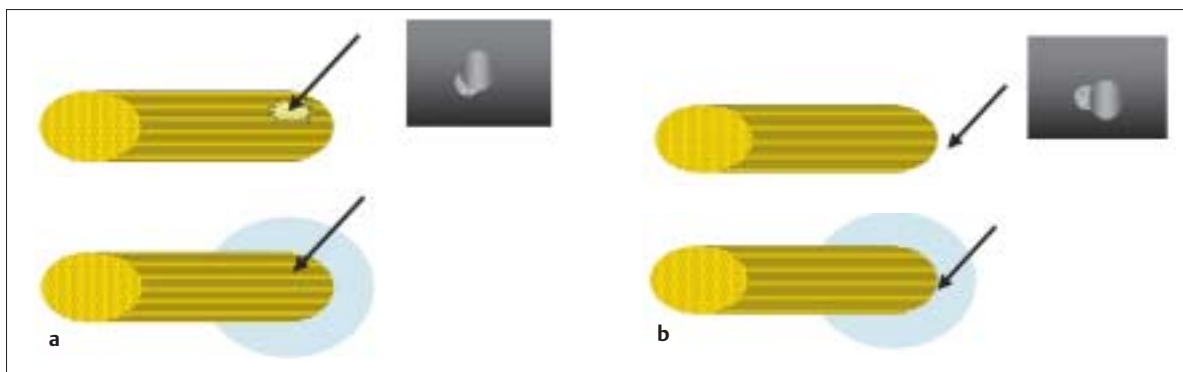


Abb. 3.7 a, b Schematische Darstellung des Punktionsvorganges zur Nervenblockade.

a Die Punktionsnadel liegt in unmittelbarer Nähe des Nerven, das Lokalanästhetikum verteilt sich konzentrisch. Oben rechts ist die entsprechende Monitoranzeige abgebildet.

b Die Punktionsnadel ist paranerval platziert, das Lokalanästhetikum verteilt sich ebenfalls konzentrisch. Oben rechts entsprechende Monitoranzeige.

An der oberen Extremität sind viele der sonografisch zugänglichen Nerven eher als hypoechogene Gesamtstruktur zu erkennen. Im Gegensatz dazu erscheinen die Nerven der unteren Extremität in der sonografischen Darstellung mit mehr Anteilen von „harten“ Reflexmustern verbunden und somit eher hyperechogen.

Mittels Ultraschalluntersuchung lassen sich folgende Veränderungen im Nervengewebe erfassen:

- Schwellungen (bedingt durch Trauma, Infekt, Hämatom etc.),
- Nervenkompressionen,
- raumfordernde Prozesse.

Neben den nervalen Strukturen lässt sich auch die Punktionsnadel zur Applikation von Lokalanästhetika sonografisch darstellen. Sowohl Nerv als auch Nadel gleichzeitig optimal darzustellen, erfordert einige Übung. Daher empfiehlt es sich, Erfahrungen bei der ultraschallgestützten Punktion von großen Gefäßen zu sammeln und diese auf die Nervenblockade zu übertragen. Die Punktionsnadel zeigt sich dabei als hyperechogene Struktur. Auch anhand der Gewebeerdrängung und -verschiebung während des Punktionsvorgangs kann die Nadelposition lokalisiert werden. All diese Zeichen gilt es zu nutzen, um eine effektive Blockade zu erreichen.

Zusammenfassend ist die sonografische Darstellung von Nerven von folgenden Faktoren abhängig:

- Art des Nerven,
- verwendete Frequenz,
- Anatomie der umgebenden Strukturen,
- Winkel zwischen Schallebene und Nerv,
- individuelle Variabilität,
- persönliche Erfahrung des Anwenders.

Bei Einhaltung der oben genannten Voraussetzungen ermöglicht die Sonografie die kostengünstige nichtinvasive Darstellung von Nervengewebe. Für die Anwendung des Ultraschalls in der Regionalanästhesiologie ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- schnellere Durchführung,
- Minimierung von Komplikationen,
- insgesamt Reduktion von Kosten,
- unabhängig von anatomischen Verhältnissen,
- Visualisierung der Punktion,
- Möglichkeit der nachträglichen Komplettierung von nicht ausreichenden Blockaden,
- Detektion von untypischen Nervenverläufen,
- Kontrolle und Korrekturmöglichkeit der Ausbreitung des Lokalanästhetikums,
- Detektion pathologischer Befunde,
- teilweise Steigerung der Erfolgsrate von Nervenblockaden.

Nachteile:

- Anschaffungskosten,
- mehr Materialien erforderlich,
- regelmäßiges Training unabdingbar.

Auch bei der ultraschallgestützten Nervenblockade sollte man sich – analog zu den ultraschallgesteuerten Punktionen großer Gefäße – an eine vorab definierte Vorgehensweise halten. Diese beinhaltet:

- **Aufklärung des Patienten:** Wie bei allen Maßnahmen müssen die Patienten über die sonografische Untersuchung informiert werden. Die Erklärung, dass die Nerven vor der Blockade mittels Ultraschall aufgesucht und dargestellt werden, wird von den Patienten gerne angenommen.
- **Inspektion vor jeder Maßnahme:** Es bietet sich an, die Nervenverläufe, aber auch angrenzende Strukturen wie Sehnen und Gefäße vorab zu untersuchen. Gerade dem Anfänger unterlaufen häufig Verwechslungen, vor allem von Nerven und Sehnen. Auch

sollte der günstigste Winkel des Schallkopfs zur Haut bestimmt werden, bei dem die optimalste Nervendarstellung zu erzielen ist. Ebenso sollte die Vergrößerung ermittelt werden, bei der die besten Voraussetzungen für die spätere Punktion vorliegen.

- ➔ **Optimierung der Lagerung:** Bei der Blockade peripherer Nerven sollte die Lagerung selbstverständlich so gestaltet sein, dass der Patient so bequem wie möglich liegt und zugleich der Informationsgewinn aus der Bildgebung so optimal wie möglich ist.

3.2 Ultraschallgesteuerte Annäherung an Nerven

Neben der korrekten Darstellung von nervalen Strukturen bedarf es bei der Punktion auch der sicheren Annäherung an den entsprechenden Nerv. Das heißt, dass auch der Vorgang der Punktion sonografisch sicher dargestellt werden muss, um letztlich die korrekte Applikation von Lokalanästhetika zu gewährleisten.

Bezüglich der sonografischen Darstellung des Punktionsvorganges sind vorab einige Grundüberlegungen notwendig. Einerseits muss das Zielorgan – hier der zu blockierende Nerv – in der Schallebene sicher dargestellt werden und darf während des Punktionsvorgangs nicht aus der Bildfläche verschwinden. Andererseits muss die Punktions Ebene mit der Schallebene so aufeinander abgestimmt sein, dass sich die Punktionsnadel gut darstellen lässt.

Der ultraschallgesteuerte Punktionsvorgang zur Blockade peripherer Nerven kann – analog zur ultraschallgesteuerten Gefäßpunktion – auf zwei verschiedene Weisen durchgeführt werden:

- ➔ Die Punktionsnadel steht in einem definierten Winkel zur Schallebene und wird von dieser geschnitten. Die Punktionsnadel wird zur Schallebene vorgeschoben, bis beide sich treffen und es zu einer Reflexion der Schallwellen kommt. Dadurch stellt sich die Punktionsnadel als solitärer Punkt dar. Die Lage der Spitze der Punktionskanüle kann somit nur vermutet werden (vgl. Abb. 1.15).
- ➔ Die Punktionsnadel bewegt sich in der Schallebene und kann in ihrer vollen Länge dargestellt werden. Dadurch lässt sich die Position der Spitze der Punktionskanüle exakt bestimmen. Diese Vorgehensweise ist speziellen Blockaden vorbehalten und erfordert vom Anwender einige praktische Erfahrung (vgl. Abb. 1.16).

Stehen Schallebene und Punktions Ebene parallel zueinander, so kann keine Bildgebung der Punktionsnadel erfolgen, da keine Schallwellen reflektiert werden. Das heißt, es sollte ein Winkel zwischen 60° und 120° gewählt werden. In diesem Bereich können – je nach Gewebe und Konfiguration der Punktionsnadel – entsprechende Schalleffekte dargestellt werden.

Nicht selten werden jedoch keine Schalleffekte dargestellt. In diesen Fällen besteht auch die Möglichkeit, die Position der Nadel indirekt über die Verdrängung, Verschiebung und Stauchung des Gewebes zu bestimmen. Dies sollte allerdings als suboptimale Vorgehensweise erachtet und – wenn möglich – nur in Ausnahmefällen praktiziert bzw. akzeptiert werden.

Üblicherweise wird versucht – egal ob mit Nervenstimulator oder mit Ultraschall –, die Punktionsnadel so nah wie möglich an den Nerv heranzuführen um anschließend das Lokalanästhetikum zu injizieren (Abb. 3.7a). Eine weitere Möglichkeit ist die so genannte **paranervale Punktion**. Dabei wird bewusst nicht mit den nervalen Strukturen Kontakt aufgenommen, sondern die Punktionsnadel wird neben den jeweils zu blockierenden Nerv gebracht (Abb. 3.7b). Die anschließende Applikation des Lokalanästhetikums kann dann ultraschallgesteuert erfolgen. Die Überlegung dabei ist, dass für das korrekte Ausbreitungsverhalten des Lokalanästhetikums nur eine relative Nähe der Punktionsnadel zum Nerv erforderlich ist und ein gewisser Abstand die Entwicklung einer kompletten Nervenblockade nicht beeinträchtigen muss. Diese **ultraschallgesteuerte paranervale Punktion (UPP)** erscheint in einigen Situationen und für bestimmte Blockadetechniken interessant, ist aber noch Gegenstand weiterer Untersuchungen. Nach persönlicher Erfahrung kann bei Blockaden des Plexus brachialis oder des N. ischiadicus eine ähnlich hohe Trefferquote erzielt werden wie beim direkten „Anpeilen“ der Nerven. Voraussetzung ist jedoch die permanente Beobachtung des Ausbreitens der Lokalanästhetika. Dadurch kann eine korrekte Infiltration der zu blockierenden Nerven erreicht werden.

3.3 Ultraschallgesteuerte Applikation von Lokalanästhetika

Der Applikation von Lokalanästhetika unter sonografischer Kontrolle kommt eine große Bedeutung in der Anästhesiologie zu. Sind sonografische Inspektion und Punktion sicher eingeübt (siehe L.U.C.I.A. Kap. 1), so kann dieses Verfahren als nächstes angewandt werden.

Nachdem die korrekte Position der Punktionskanüle sonografisch ermittelt wurde, kann – nach vorheriger Aspiration – das Lokalanästhetikum injiziert werden. Da der Untersucher Schallkopf und Punktionsnadel hält, bedarf es einer weiteren Arbeitskraft für den Injektionsvorgang.

Wichtig ist, genau darauf zu achten, wie sich das Lokalanästhetikum ausbreitet. Normalerweise sollte es sich konzentrisch um den jeweils zu blockierenden Nerv ausbreiten, um eine komplette Nervenblockade zu bewirken. Die Verteilung des Lokalanästhetikums kann sonografisch bestens beobachtet und kontrolliert werden (Abb. 3.8). Im Falle einer Ausbreitung neben dem Nerv

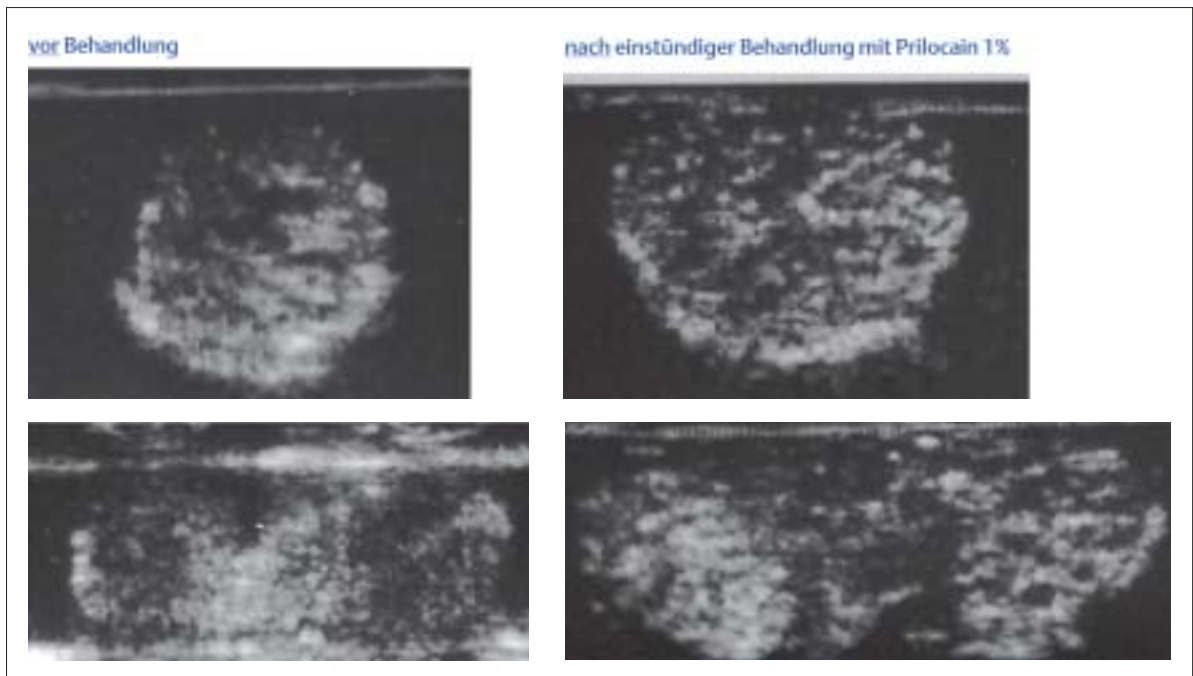


Abb. 3.8 Sonografische Darstellung eines isolierten N. ischiadicus (oben vor, unten nach Aufzweigung in N. peroneus und N. tibialis) vor und nach einstündiger Behandlung mit Prilocain 1%: Man erkennt eine deutliche Schwellung des nerva-

len Gewebes mit Zunahme der hypoechoenen blasigen Strukturen, was der Resorption von Lokalanästhetikum entspricht.

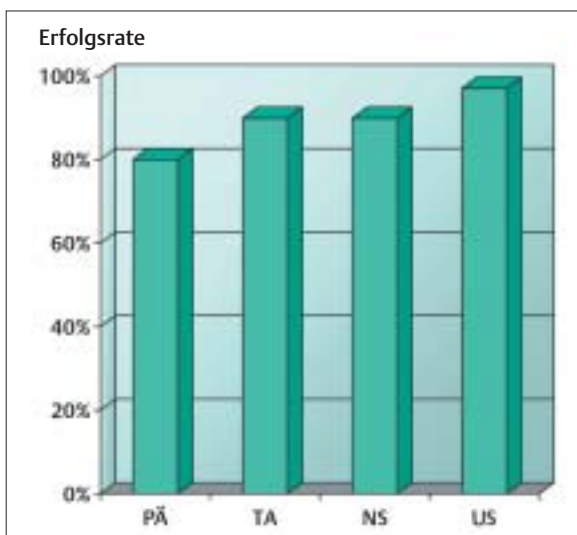


Abb. 3.9 Erfolgsraten bei der Blockade des axillären Plexus brachialis bei Verwendung verschiedener Hilfsmittel (u. a. nach Neal et al. [2002] und eigenen Erfahrungen). PÄ: Parästhesien, TA: transarteriell, NS: Nervenstimulation, US: Ultraschall.

oder gar weg davon – muss mit einer inkompletten Blockade gerechnet werden. Zeichnet sich eine inadäquate Ausbreitung des Lokalanästhetikums ab, kann die Injek-

tion rechtzeitig gestoppt und nach Korrektur der Position der Punktionsnadel noch einmal durchgeführt werden.

Andererseits kann das Lokalanästhetikum auch versehentlich in die umgebende Muskulatur injiziert werden. Dies erkennt man daran, dass das Depot des Lokalanästhetikums keine glatte Begrenzung aufweist, sondern eine unscharfe Kontur inne hat. Eine Beziehung zum Nerv ist nicht vorhanden und damit auch keine blockierende Wirkung.

Die erfolgreiche Blockade wird klinisch anhand der Toleranz chirurgischer Stimuli bzw. an der Reduktion der Beschwerden gemessen. Über vergleichende Untersuchungen bezüglich der Erfolgsrate der ultraschallgesteuerten vs. der nervenstimulationsgesteuerten Blockade ist in der Literatur bislang wenig publiziert worden. Marhofer et al. (1997) ermittelten für die Blockade des N. femoralis bei Anwendung des Ultraschalls eine ähnlich hohe Trefferquote wie bei Anwendung des Nervenstimulators. Ähnliche Ergebnisse konnten in eigenen Untersuchungen festgestellt werden, in denen die Blockadeerfolge beim axillären Plexus brachialis mit denen aus der Literatur verglichen wurden (Abb. 3.9 u. 3.10). Hierbei ergab sich eine ähnlich hohe Trefferquote bei Anwendung des Ultraschalls zur Blockade des axillären Plexus brachialis (ca. 97%) wie bei Anwendung eines Nervenstimulators (65–95%).

3.4 Ultraschallgesteuerte Blockaden an der oberen Extremität

3.4.1 Axillärer Plexus brachialis

Der axilläre Zugang zur Blockade des Plexus brachialis wird am häufigsten angewandt für Eingriffe am Unterarm und an der Hand. Trotz hoher Erfolgsraten beim Einsatz eines Nervenstimulators kann mittels der Sonografie eine weitere Steigerung der Anzahl an kompletten Blockaden erreicht werden. Es bereitet keine große Schwierigkeiten, sowohl die A. axillaris als auch die umgebenden Nerven darzustellen (Abb. 3.11).

Die Patienten werden üblicherweise – wie bei der Anwendung des Nervenstimulators – in Rückenlage gelagert, der Arm um ca. 90° abduziert und im Ellenbogen auch um ca. 90° gebeugt.

In dieser Position werden zunächst die Gefäße im Bereich der Axilla via Ultraschall aufgesucht. Der Schallkopf wird so positioniert, dass die linke Seite des Bildschirms immer ulnarwärts gerichtet ist. Anschließend werden mittels Vergrößerung die nervalen Strukturen identifiziert. Erst nach dieser Vorinspektion erfolgt der eigentliche Punktionsvorgang.

Unter sterilen Kautelen werden die A. axillaris und die nervalen Strukturen dargestellt. Der Schallkopf wird so positioniert, dass die A. axillaris genau in der Mitte des Bildschirms zur Darstellung kommt. Unter Sicht wird eine Hautquaddel mit 1–3 ml Scandicain 1% gesetzt. Anschließend wird eine handelsübliche Punktionsnadel (z. B. Plexuffix 50 mm Fa. Braun/Melsungen, Germany) unter gleichzeitiger sonografischer Kontrolle als erstes vorsichtig zum N. radialis vorgeschoben. An die-

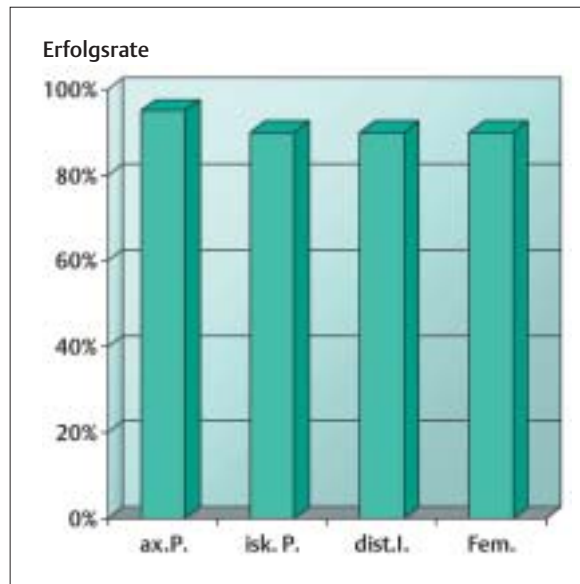


Abb. 3.10 Prozentuale Angaben der Erfolgsraten verschiedener ultraschallgesteuerter peripherer Nervenblockaden bei ca. 300 Patienten in einem Zeitraum von ungefähr 18 Monaten an folgenden Punktionsorten: ax. P.: axillärer Plexus brachialis, isk. P.: interskalenärer Plexus brachialis, dist. I.: distaler M. ischiadicus im Bereich der Fossa poplitea, Fem.: N. femoralis im Bereich der Leiste.

ser Stelle werden in der Regel 10 ml Prilocain 1% appliziert. Danach werden der N. medianus und der N. ulnaris in der gleichen Art und Weise aufgesucht und unspritzt. Optional kann zusätzlich der N. musculocutaneus mit der gleichen Menge an Lokalanästhetikum infiltriert werden, falls er sich auf der gewählten Schnittebene darstellen lässt. Er ist gut zu erkennen, weil er

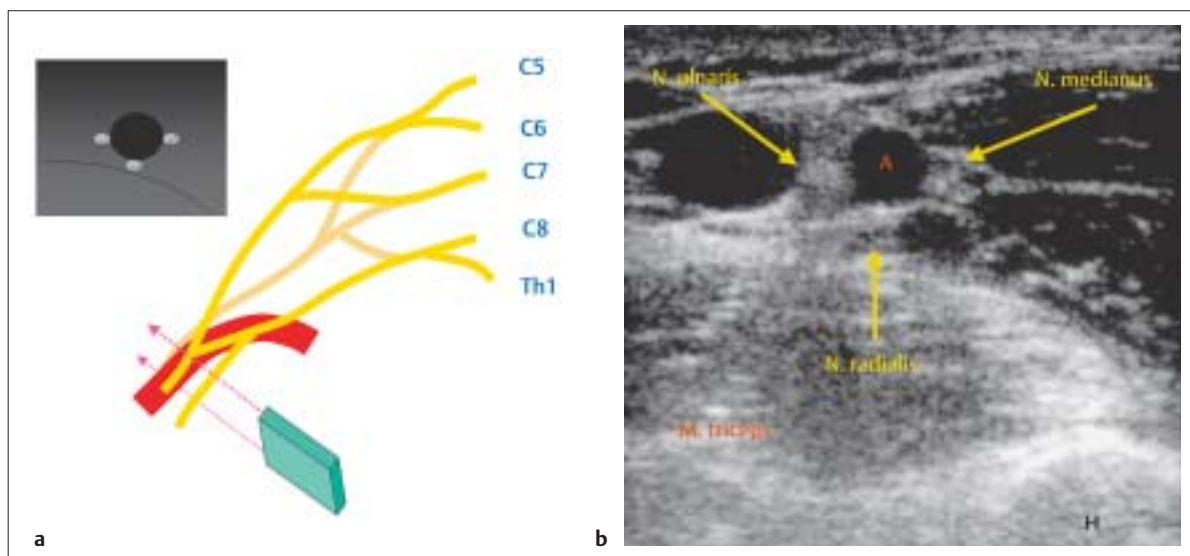


Abb. 3.11 a, b Nervale Strukturen im axillären Bereich des Plexus brachialis.

a Schematischer Querschnitt.

b Sonografische Darstellung im Querschnitt. Die jeweiligen Nerven sind hypoechogen, jedoch teilweise von schmalen hyperechogenen Strängen durchsetzt.

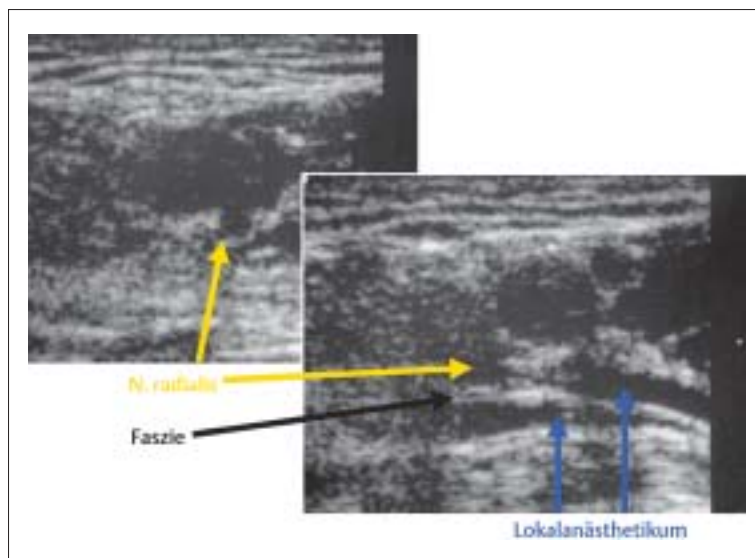


Abb. 3.12 Sonografische Darstellung der nervalen Strukturen im axillären Bereich des Plexus brachialis vor und nach der Applikation von Lokalanästhetika am N. radialis. Der N. radialis lässt sich unterhalb der A. axillaris darstellen. Beachte die versehentliche Applikation des Lokalanästhetikums unterhalb der Faszie des M. triceps. Nach diskretem Zurückziehen der Punktionsnadel stellt sich eine korrekte Ausbreitung des Lokalanästhetikums um den N. radialis dar.

meist recht früh den Plexus brachialis verlässt und durch den M. coracobrachialis läuft.

Nach eigenen Erfahrungen kann diese Technik rasch erlernt werden. Die Erfolgsraten liegen dabei in der Regel bei mindestens 97%.

Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Blockade ist die sichere Darstellung der nervalen Strukturen. Werden diese nicht gesichtet, so ist eine korrekte Applikation des Lokalanästhetikums nicht sicher gewährleistet. Dieser Fall kann sekundär auftreten, wenn sich das Lokalanästhetikum zwischen Schallkopf und Nerv ausbreitet. Aus diesem Grunde sollte bei der Plexus-Blockade nicht der N. ulnaris bzw. medianus als erstes umspritzt werden, da somit im Verlauf der tiefer liegende N. radialis nicht mehr gesichtet werden kann. Deshalb erfolgt als erstes die Blockade des N. radialis. Idealerweise sollte sich das Lokalanästhetikum zwischen der Faszie des M. triceps und der A. axillaris ausbreiten (Abb. 3.12). Auf diese Weise kann der N. radialis sicher blockiert werden. Das Lokalanästhetikumdepot drückt etwas die Gefäß-Nervenscheide zur Hautoberfläche hoch, vermag aber nicht die Darstellung der beiden anderen zu blockierenden Nerven zu beeinträchtigen. In manchen Fällen kann sogar während der Blockade des N. radialis ein Ausbreiten des Lokalanästhetikums zum N. ulnaris bzw. zum N. medianus beobachtet werden. Dieser Umstand kann ausgenutzt werden, um mit einem Injektionsvorgang zwei Nerven – unter Sicht – zu blockieren.

Das grundlegende Prinzip der oben beschriebenen ultraschallgesteuerten Nervenblockade ist im Ausbreiten des Lokalanästhetikums um den jeweils zu blockierenden Nerv zu sehen. Die Applikation des Lokalanästhetikums lässt sich sonografisch problemlos darstellen und dessen Ausbreitung sehr gut verfolgen. Der Ausbreitungsvorgang muss kontinuierlich beobachtet werden, um eine korrekte Positionierung zu gewährleisten. Breitet sich das Lokalanästhetikum versehentlich vom Nerv

weg aus, so sollte der Injektionsvorgang gestoppt und nach Korrektur der Nadelposition wiederholt werden.

Der Vollständigkeit halber muss darauf hingewiesen werden, dass zur Nervenblockade unter sonografischen Bedingungen keine erhöhten Ansprüche an die Konfiguration der Punktionsnadeln gestellt werden müssen. Es bedarf weder einer Isolation noch eines zuführenden Schenkels zur Stromapplikation. Dadurch kann natürlich eine deutliche Kostenersparnis erzielt werden.

Die üblicherweise bei der Anwendung des Nervenstimulators als „Problemnerve“ in Erscheinung tretenden Strukturen, wie der N. radialis bzw. der N. musculocutaneus, können in der Regel sehr leicht sonografisch dargestellt werden. Dadurch vermag der Ultraschall diese Lücke leicht zu füllen.

Der axilläre Plexus brachialis bietet sich als Einstieg – neben dem N. femoralis oder dem N. ischiadicus im Bereich der Fossa poplitea – an, um die Technik der ultraschallgesteuerten Nervenblockade zu erlernen, da hier die anatomischen Strukturen meist leicht zu erkennen sind.

Von Nachteil ist die limitierende Anwendung des Ultraschalls nach Injektion von Lokalanästhetika. Durch die injizierten Substanzen können die anatomischen Bilder nicht korrekt sonografisch abgebildet werden, da die für den Nerv typische Echogenität durch das Lokalanästhetikumdepot eingeschränkt wird.

Indikationen:

- perioperative Schmerztherapie bei Eingriffen an Ellenbogen, Unterarm und Hand,
- Mobilisation,
- Behandlung eines CRPS,
- Phantomschmerzbehandlung.



Abb. 3.13 a–e Vorgehensweise bei der ultraschallgesteuerten Blockade des axillären Plexus brachialis.

- a** Materialbedarf: Punktionskanüle, steriles Gel, Lokalanästhetikum.
- b** Vorinspektion.
- c** Applikation von sterilem Gel.
- d** Subkutane Applikation von Lokalanästhetikum.
- e** Aufsuchen nervaler Strukturen und anschließende ultraschallgesteuerte Injektion von Lokalanästhetikum.

Lagerung:

- Rückenlage,
- Oberkörper möglichst flach,
- Abduktion des Armes um ca. 90°,
- Beugung im Ellenbogengelenk um ca. 90°.

Sonografische Orientierung:

- A. axillaris,
- M. biceps,
- M. coracobrachialis,
- Humerus.



Abb. 3.14 a–k Anleitung zur ultraschallgesteuerten axillären Plexusanästhesie.

- a** Vorinspektion.
- b** Vorbereitung zur sterilen Umhüllung des Schallkopfes.
- c** Sterile Umhüllung des Schallkopfes.
- d** Steril umhüllter Schallkopf wird zur Detektion der nervalen Strukturen auf die Haut platziert.
- e** Die subkutane Applikation des Lokalanästhetikums wird unter Sicht durchgeführt.
- f** Anleitung zur Punktion der ultraschallgesteuerten axillären Plexusanästhesie.
- g** Anleitung zur Punktion der ultraschallgesteuerten axillären Plexusanästhesie.



Abb. 3.14 h–k

- h** Detektion des günstigsten Punktionswinkels: Schallebene und Punktions Ebene sind hier nahezu parallel zueinander. Dadurch kann keine sichere Schallgebung der Punktionsknüle erfolgen.
- i** Erneute Detektion des günstigsten Punktionswinkels: Schallebene und Punktions Ebene bilden nun einen Winkel

von ca. 45°. Dadurch ist eine sichere Schallgebung der Punktionsknüle möglich.

- j** Detektion des günstigsten Punktionswinkels: Schallebene und Punktions Ebene bilden einen Winkel von fast 90°. Je nach Darstellung auf dem Monitor kann dieser Winkel zur Applikation der Lokalanästhetika nötig sein.
- k** Endgültige Injektion des Lokalanästhetikums zur Blockade des axillären Plexus brachialis ohne Nervenstimulation.

Schallkopfposition:

- ➔ Lage im Bereich der Axilla,
- ➔ Schallebene zunächst orthograd zur A. axillaris,
- ➔ Führung des Schallkopfes so proximal wie möglich.

Sonografische Darstellung der Nervenstrukturen:

- ➔ 3 rundliche Bezirke um die A. axillaris, teilweise hypoechogen, gelegentlich vermischt mit hyperechogenen Anteilen,
- ➔ hyperechogener Saum jeweils optional,
- ➔ cave: N. musculocutaneus oftmals solitär im M. coracobrachialis liegend!

Ultraschallgesteuerte Vorgehensweise:

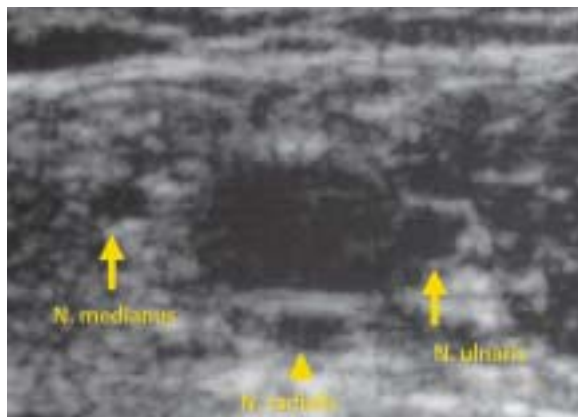
- ➔ Siehe Ausführungen oben sowie Abb. 3.13 bis 3.16.

3.4.2 Interskalenärer Plexus brachialis

Eine weitere, häufig angewandte Technik bei der Blockade an der oberen Extremität ist der interskalenäre Block. Hauptindikation sind Beschwerden im Bereich der Schulter und des Oberarmes.

Wenn auch eine recht hohe Trefferquote in der Literatur angegeben wird, so kann die Sonografie doch zusätzlich eine deutliche Hilfe sein. Vorab ist zu bemerken, dass die ultraschallgesteuerte interskalenäre Blockade ein gewisses Maß an Vorkenntnissen erfordert, sowohl was die anatomischen Strukturen anbelangt, als auch

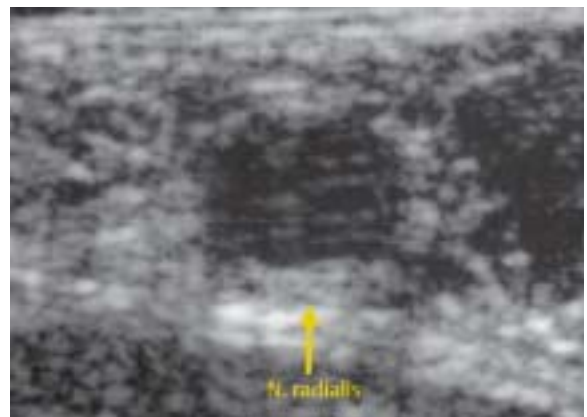
Abb. 3.15 Beispiel für die Fixierung eines ultraschallgesteuerten Katheters zur Blockade des axillären Plexus brachialis.



a

Abb. 3.16 a, b Sonografische Darstellung des Plexus brachialis und dessen einzelner Nerven während der Inspektion.

a Vor der sterilen Umhüllung des Schallkopfes sind alle drei Nerven hypoechoogen dargestellt.



b

b Nach der sterilen Umhüllung des Schallkopfes kommt es zu einer Reduktion der hypoechoogenen Zonen der Nerven.

was die Interpretation der sonografischen Bilder angeht. Auf engstem Raum liegen Gefäße, Nerven und Muskeln nebeneinander, so dass für den Anfänger zunächst eine nicht beherrschbare Situation entsteht. Aus diesem Grund empfehlen wir, dass die ultraschallgesteuerte interskalenäre Blockade erst nach ausreichender Erfahrung mit der Sonografie bei der Punktion großer Gefäße und bei Nervenblockaden unter Anleitung durchgeführt werden sollte.

Zunächst empfiehlt es sich, die interskalenäre Lücke darzustellen. Hierbei können Erfahrungen aus der ultraschallgestützten Punktion der V. jugularis interna von Vorteil sein. Ausgehend von den Halsgefäßen wird der Schallkopf – auf Höhe des Kehlkopfes – nach lateral in Horizontalrichtung geführt. Dabei erkennt man neben dem M. sternocleidomastoideus den anterioren und den medialen Skalenusmuskel als ovale Strukturen (Abb. 3.17 a, b). Zwischen den beiden Skalenusmuskeln liegt eine Lücke, die mit nervalen Strukturen ausgefüllt ist. In dieser Position erscheint es notwendig, den Schallkopf etwas nach kaudal zu kippen (Abb. 3.18 a, b u.

3.19 a, b). Dabei werden die Strukturen des Plexus brachialis eher senkrecht getroffen, so dass die Bildgebung der Nerven besser zur Geltung kommt. Bei optimaler Darstellung erkennt man die drei Trunkis als runde, hypoechoogene Kreise, die perlschnurartig nebeneinander aufgereiht sind (Abb. 3.20). Diese Strukturen können nach kaudal verfolgt werden, indem der Schallkopf in Richtung Klavikula geführt wird. Je nach Einfallswinkel der Schallebene können die einzelnen Strukturen teilweise voneinander diskriminiert werden.

Das Zusammentreffen unterschiedlichster anatomischer Strukturen auf engstem Raum erfordert einerseits sehr gute Kenntnisse und Erfahrungen bezüglich des Ultraschalls, andererseits können hier Schallwellen im Bereich von 15 MHz eine deutliche Steigerung der Bildgebung bewirken. Dies erklärt, weshalb die ultraschallgesteuerte Blockade des interskalenären Plexus Fortgeschrittenen vorbehalten bleiben sollte.

Die Sonografie bringt insbesondere Vorteile bei anatomischen Variationen und in Situationen, in denen die Skalenuslücke nicht getastet werden kann. Sie wird pri-

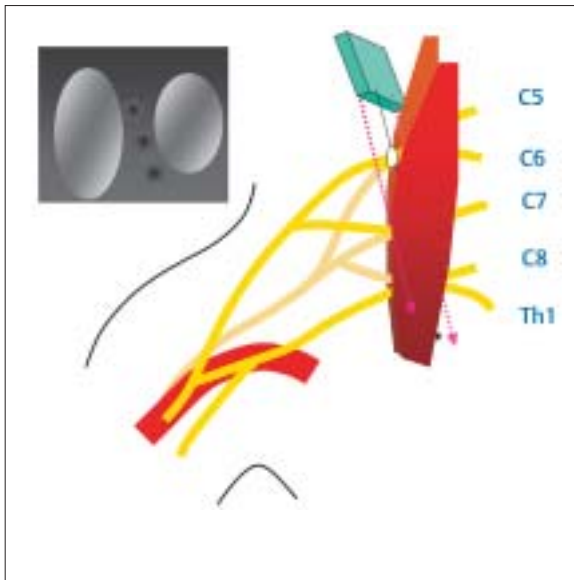


Abb. 3.17 a Schematische Darstellung des Plexus brachialis zwischen den interskalären Muskeln, korrekte Position des Schallkopfes und schematische Wiedergabe der Monitor-Anzeige.

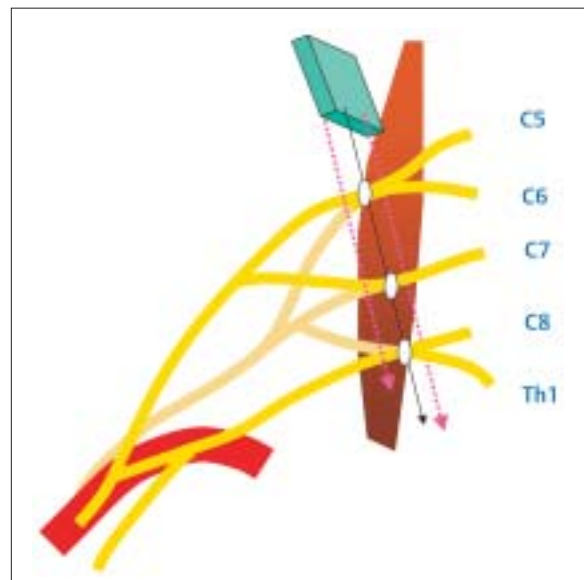


Abb. 3.17 b Schematische Darstellung des interskalären Plexus brachialis ohne den M. scalenus anterior. Der Winkel der Schallebene muss so gewählt werden, dass die Trunksenkrecht getroffen werden können.

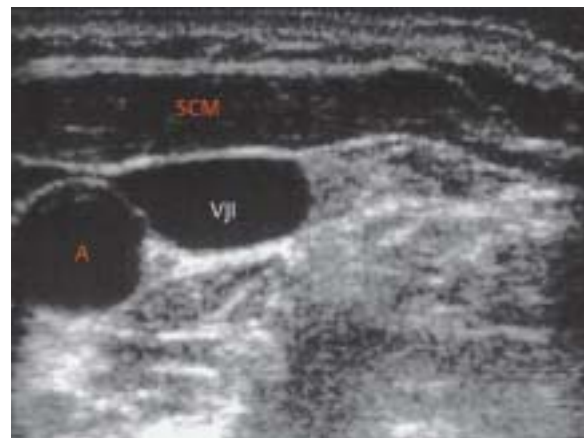
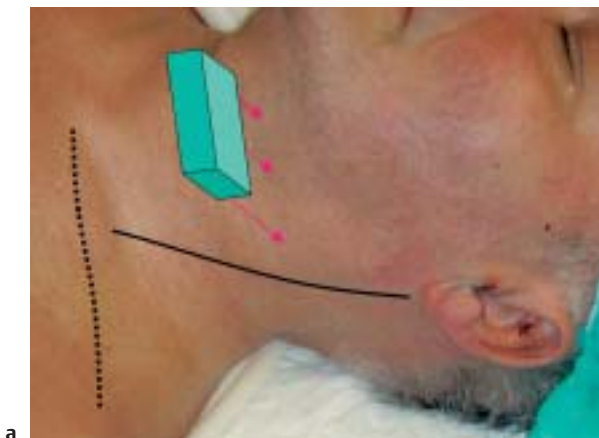


Abb. 3.18 a, b Ausgangsposition des Schallkopfes zur Detektion des interskalären Plexus brachialis am Patienten (a) und entsprechendes sonografisches Bild (b).

mär zur ultraschallgesteuerten Blockade des interskalären Plexus genutzt, vermag aber auch bei erschweren Punktionsverhältnissen wertvolle Hinweise zum Punktionsort geben, wenn ein Nervenstimulator verwendet wird.

Indikationen:

- ➔ perioperative Schmerztherapie bei Eingriffen am Schultergelenk, Ellenbogen, und Unterarm,
- ➔ Mobilisation,
- ➔ Behandlung eines CRPS,
- ➔ Phantomschmerzbehandlung,
- ➔ fehlende Landmarken

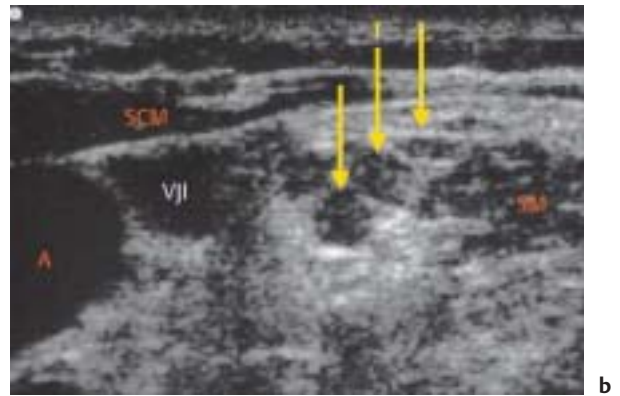
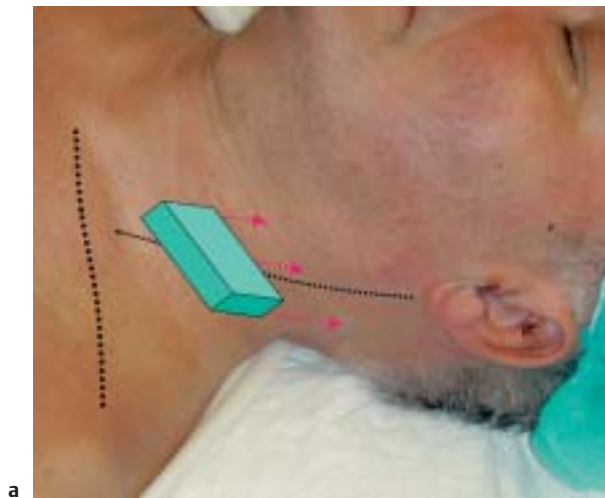


Abb. 3.19 a, b Anschließendes Führen des Schallkopfes nach lateral (**a**), bis die Skalenuslücke mit den darin liegenden Trunkus des Plexus brachialis zur Darstellung kommt (**b**).

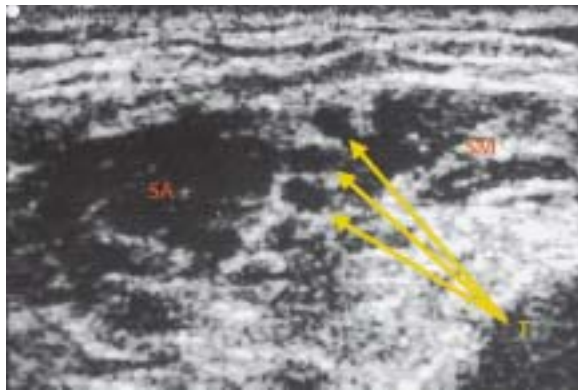


Abb. 3.20 Typisches Bild der Skalenuslücke mit den quer getroffenen Trunkus des Plexus brachialis, die perlschnurartig aufgereiht erscheinen. T: Trunkus, SA: M. scalenus anterior, SM: M. scalenus medialis.

Lagerung:

- Rückenlage,
- Oberkörper möglichst flach,
- Adduktion des Armes,
- diskrete Rotation des Kopfes nach kontralateral,
- Oberkörper leicht erhöht.

Sonografische Orientierung:

- A. carotis communis,
- V. jugularis interna,
- M. scalenus anterior,
- M. scalenus medialis.

Schallkopfposition:

- Höhe auf Kehlkopfenebene,
- Schallebene zunächst horizontal,
- Führung des Schallkopfes nach lateral, bis sich Skalenuslücke mittig darstellt,
- diskrete Kippung der Schallebene nach kaudal.

Sonografische Darstellung der Nervenstrukturen:

- Trunkus als drei hypoechogene rundliche Bezirke,
- meist hyperechogener Saum.

Ultraschallgesteuerte Vorgehensweise:

- Punktionsnadel von lateral kommend,
- Punktionsebene in Schallebene halten (Abb. 3.21 a–e).

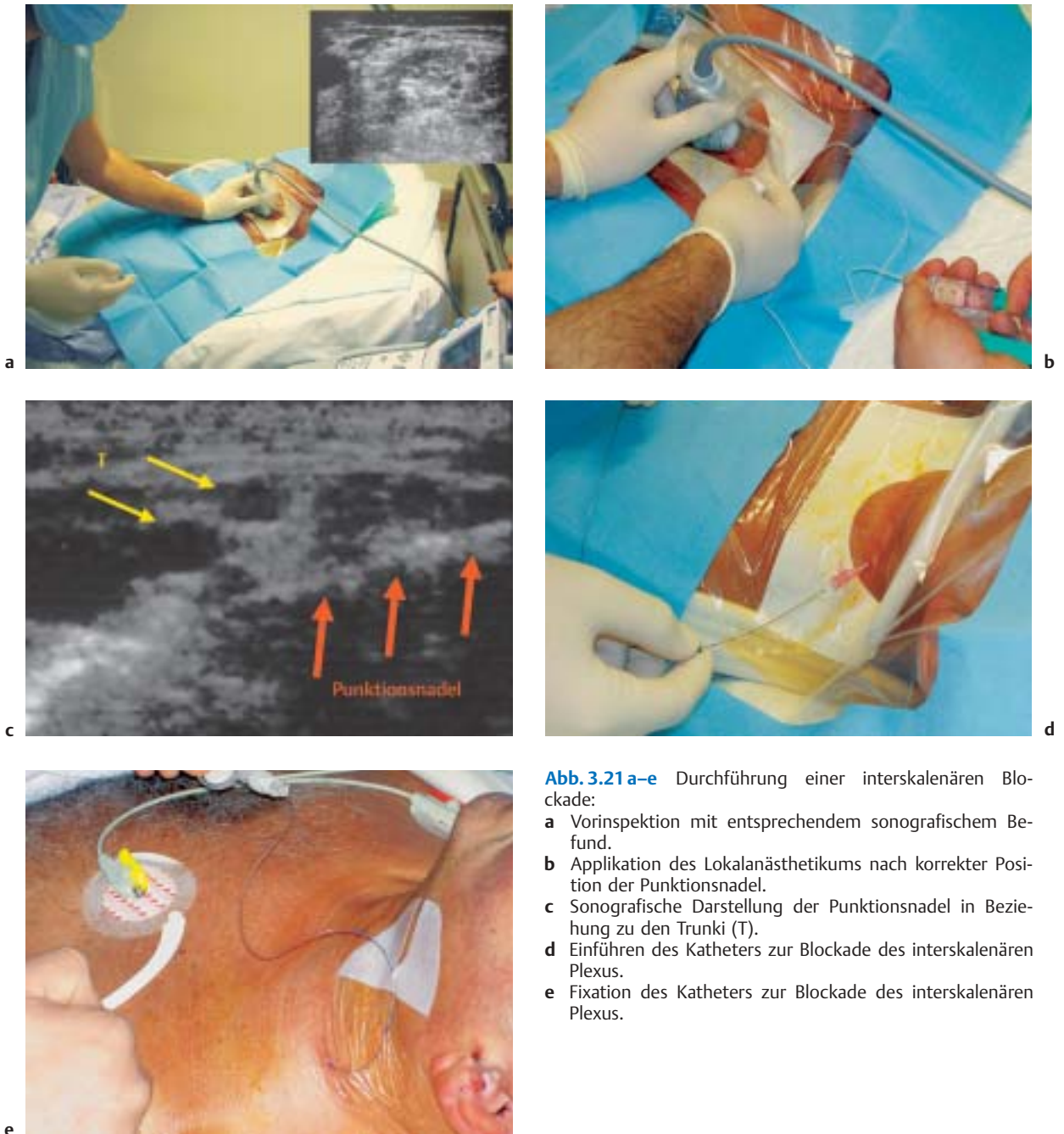


Abb. 3.21 a–e Durchführung einer interskalären Blockade:

- a Vorinspektion mit entsprechendem sonografischem Befund.
- b Applikation des Lokalanästhetikums nach korrekter Position der Punktionsnadel.
- c Sonografische Darstellung der Punktionsnadel in Beziehung zu den Trunki (T).
- d Einführen des Katheters zur Blockade des interskalären Plexus.
- e Fixation des Katheters zur Blockade des interskalären Plexus.

3.4.3 Infraklavikulärer Plexus brachialis

Die Blockade des infraklavikulären Plexus brachialis mittels Nervenstimulation findet zunehmend Eingang in die klinische Routine. Wenn auch äußerst selten, so besteht doch grundsätzlich ein Restrisiko für einen versehentlichen Pneumothorax. Gerade aufgrund der Nähe der Pleura zum Punktionsort erscheint der Ultraschall als wertvolle Ergänzung. In einer Reihe von Untersuchungen konnte sowohl die sichere sonografische Dar-

stellung der Nervenstrukturen erzielt werden als auch die Identifikation anatomischer Strukturen wie Pleura und arterieller Gefäße (Abb. 3.22). Durch diese zusätzliche Information lässt sich eine sichere Führung der Punktionsnadel unter Umgehung sensibler Strukturen erreichen.

In mehreren Publikationen wurden die Effizienz und die Bedeutung der ultraschallgesteuerten Blockade des infraklavikulären Plexus brachialis mehrfach nachgewiesen.