

# Effektivität einer standardisierten Vorgehensweise zur ultraschallgesteuerten axillären Plexusanästhesie

*Effectiveness of a standardized procedure for ultrasound-guided axillary brachial plexus block*

F. Kefalianakis

Klinik für Anästhesiologie und interdisziplinäre Intensivmedizin, Klinikum Ludwigsburg  
(Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. D. Spilker)

**Zusammenfassung:** Ultraschallgeführte Vorgänge sind allgemein als bewährte Methoden in der Anästhesie beschrieben. Das Ziel der vorliegenden prospektiven Studie war es, die Wirksamkeit einer standardisierten Anwendung von Ultraschall bei der Durchführung einer axillären Plexusanästhesie zu untersuchen.

**Methodik:** An 94 Patienten, welche sich einer Operation am Unterarm bzw. an der Hand unterziehen mussten, wurde die axilläre Plexusanästhesie unter sonographischer Steuerung (10 MHz Schallkopf) durchgeführt. Nach Darstellung der Anatomie, wurden die Lokalanästhetika zuerst am N. radialis und erst anschließend am N. ulnaris bzw. N. medianus appliziert. Die Anzahl der vollständigen Blockaden, Anschlagszeit und Komplikationsrate wurden dokumentiert.

**Ergebnisse:** In 91 Fällen (96,8%) wurde eine zufriedenstellende Blockade erreicht. Der Mittelwert der Anschlagszeit lag bei 0,05 Minuten. Unter direkter sonographischer Sicht wurde das Depot der Lokalanästhetika korrekt an den Nerven platziert. Komplikationen wie Nervenschädigungen oder systemische Intoxikationen konnten nicht beobachtet werden. Lediglich in einem Fall wurde eine versehentliche arterielle Punktion hervorgerufen.

**Schlussfolgerung:** Die korrekte Ausbreitung der Lokalanästhetika zu den Nerven gilt als grundlegendes Prinzip der ultraschallgestützten Regionalanästhesie. Die beschriebene Vorgehensweise in der Durchführung einer axillären Plexusanästhesie unter sonographischer Steuerung scheint eine valider Algorithmus mit einer hohen Erfolgsrate und einer niedrigen Anzahl an Komplikationen zu sein.

**Summary:** Ultrasound guided procedures are commonly described as valid methods in anaesthesia. The purpose of the present prospective study was to investigate the effectiveness of the standardized use of ultrasound in the performance of an axillary brachial plexus block.

**Method:** In 94 patients undergoing surgery on the forearm or hand, axillary brachial plexus anaesthesia was provided under ultrasound guidance (10 MHz transducer). After visualization of the anatomical structures, the local anaesthetics were first injected at the radial nerve, and then at the ulnar nerve and the median nerve. The number of complete nerve blocks, the onset time, and the rate of complications were documented.

**Results:** Satisfactory anaesthesia was obtained in 91 cases (96.8%). The mean onset time was 0.05 minutes. Under ultrasound guidance, the depot injection of local anaesthetics was correctly administered at the nerves. Complications such as nerve damage or systemic intoxication were not observed. There was only one incidence of accidental arterial puncture.

**Conclusion:** An accurate spreading of the local anaesthetics to the nerves is the basic principle of ultrasound-guided regional anaesthesia. The described procedure seems to present a valid algorithm in the performance of an axillary brachial plexus block under ultrasound control and appears to be associated with a high success rate and a low rate of complications.

**Schlüsselwörter:** Ultraschall – Plexusanästhesie – Nervenblockade – Regionalanästhesie

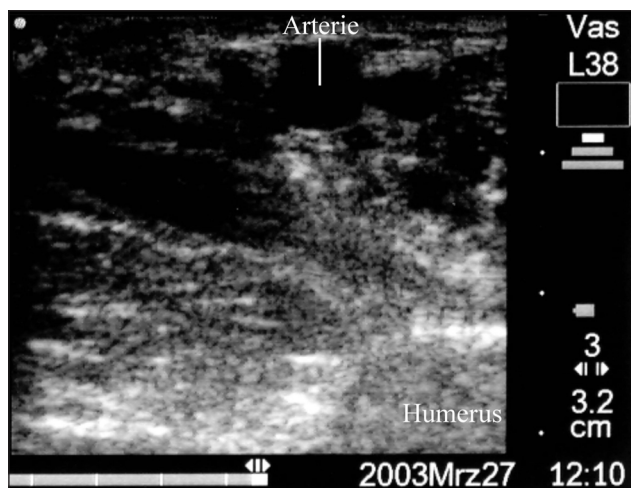
**Keywords:** Ultrasound – Brachial Plexus – Nerve Block – Regional Anaesthesia.

## Einleitung

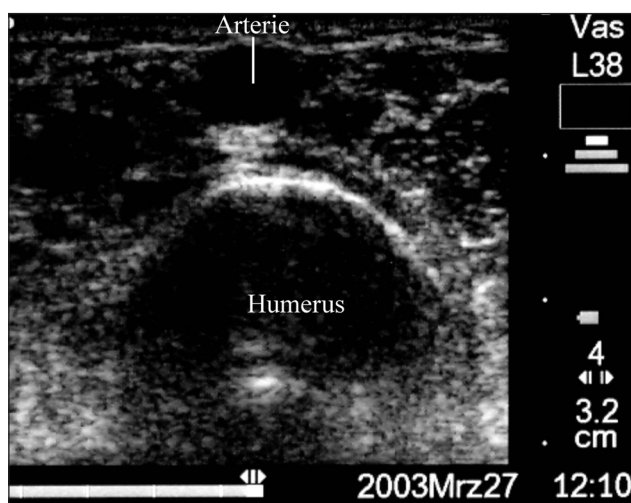
Die Anwendung des Ultraschalls kommt in vielen Bereichen der Anästhesiologie immer mehr zur Geltung. So wird die Punktion großer Gefäße mittels der Ultraschalltechnik zur Anlage von zentral-venösen Kathetern in einer Reihe von Studien in der Fachliteratur propagiert [1, 2, 3, 11, 16]. Auch im Rahmen

der Regionalanästhesie wurde der Einsatz des Ultraschalls mehrfach beschrieben und empfohlen [8].

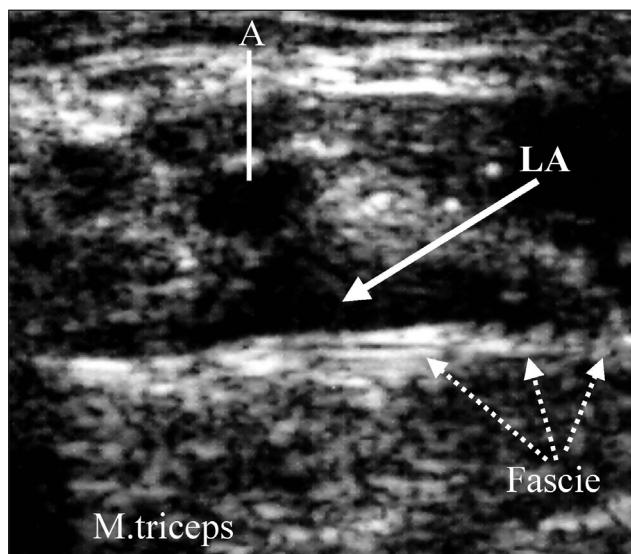
Weiterhin wurde in vielen Studien die ultraschallgestützte axilläre Plexusblockade als ernstzunehmende Alternative dargestellt [5, 9, 13, 14]. Aus vielen Gründen empfiehlt es sich, dabei eine strukturierte und definierte Vorgehensweise festzulegen, unabhängig ob



**Abbildung 1:** Darstellung der anatomischen Leitstrukturen bei der primären sonographischen Inspektion; A. axillaris umgeben von mehreren Venen.



**Abbildung 2:** Darstellung der anatomischen Leitstrukturen unter Kompression: Lediglich A. axillaris ist sichtbar.



**Abbildung 3:** Erste Applikation des Lokalanästhetikums: Lokalanästhetikum (LA) breitet sich zwischen Fascie des M. triceps und A. axillaris aus.

der Ultraschall zur Punktion großer Gefäße oder im Rahmen der Regionalanästhesie angewandt werden soll. Dies vermag einerseits das Anleiten des noch Ungeübten zu erleichtern, andererseits kann eine Vereinheitlichung und Standardisierung der Prozesse einen zeitsparenden Effekt nach sich ziehen.

Die nun folgende Arbeit hatte sich zum Ziel gesetzt, eine vorab definierte und standardisierte Vorgehensweise der ultraschall-gesteuerten axillären Plexusblockade auf ihre Effektivität, Komplikationsrate und Reproduzierbarkeit hin zu untersuchen.

## Methodik

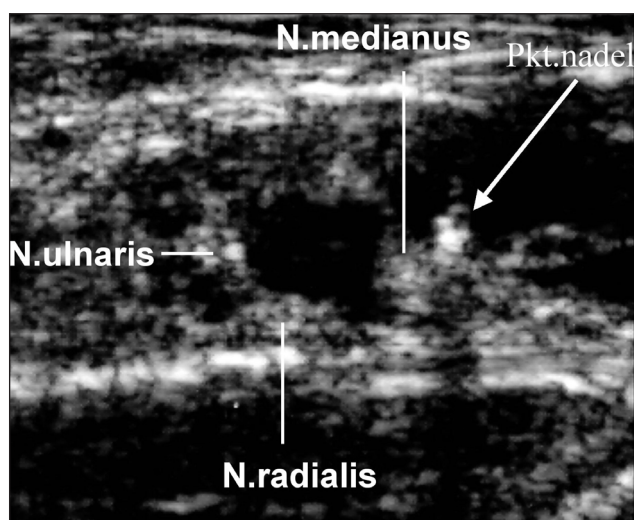
Es sollten die Patienten untersucht werden, welche im Rahmen einer unfallchirurgischen bzw. gefäßchirurgischen Versorgung eine axilläre Plexusanästhesie erhielten. Folgendes Procedere wurde festgelegt:

Zur Anlage einer axillären Plexusanästhesie kam ein handelsübliches Ultraschallgerät (SonoSite 180PLUS Ultraschallsystem, Fa. SonoSite, Erlangen) zur Anwendung mit einem linearen Schallkopf (L38 Broadband Linear Array Transducer) bei einer Einstellung von 10 MHz.

Die Patienten wurden 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 wurden zunächst die Gefäße im Bereich der Axilla via Ultraschall aufgesucht (Abb. 1, 2). Der Schallkopf wurde so positioniert, dass die linke Seite des Bildschirms immer ulnarwärts gerichtet war. Anschließend wurden mittels Vergrößerung die nervalen Strukturen identifiziert. Erst nach dieser Vorinspektion erfolgte der eigentliche Punktionsvorgang.

Unter sterilen Kautelen wurden die A. axillaris und die nervalen Strukturen dargestellt. Als Gel wird handelsübliches steriles Gel verwendet. Der Schallkopf wurde wahlweise entweder mit einer sterilen Komresse gehalten oder aber in einem sterilen Handschuh gelegt. Der Schallkopf wurde anschließend so positioniert, dass die A. axillaris genau in der Mitte des Bildschirms zur Erscheinung kam. Unter Sicht wurde eine Hautquaddel gesetzt von 1 - 3 ml Scandicain 1%. Anschließend wurde eine handelsübliche Punktionsnadel unter gleichzeitiger sonographischer Kontrolle als erstes zum N. radialis vorsichtig vorgeschoben. An dieser Stelle wurden in der Regel 10 ml Prilocain 1% appliziert (Abb. 3). Danach wurden der N. medianus und der N. ulnaris in der gleichen Art und Weise aufgesucht und umspritzt (Abb. 4). Optionell konnte zusätzlich der N. musculocutaneus mit der gleichen Menge an Lokalanästhetikum infiltriert werden, falls auf der gewählten Schnittebene dieser sich darstellen ließ (Abb. 5).



**Abbildung 4:** Korrekte Ausbreitung des Lokalanästhetikums gegen Ende des Punktionsvorganges:

- Lokalanästhetikum erkennbar um alle Nerven
- Punktionsnadel inkl. Schatten am N. medianus erkennbar.

Grundsätzlich wurde versucht, die Spitze der Punktionsschule so dicht wie möglich an die nervale Struktur heranzuführen. Bei unmittelbarer Nähe der Spitze der Punktionsschule wurde anschließend das Lokalanästhetikum injiziert.

Zur Identifizierung der nervalen Strukturen wurde ausschließlich auf das bildgebende Verfahren zurückgegriffen. Weder Nervenstimulation noch das bewusste Auslösen von Parästhesien wurden hierfür herangezogen.

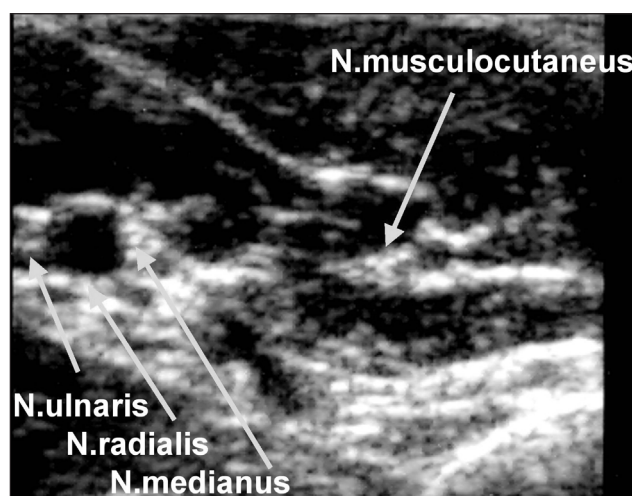
In einem vorab erstellten Protokoll wurden die Parameter wie chirurgische Toleranz (ja/nein), Zeit bis zum Beginn der Wirksamkeit (in Minuten), Anzahl der Hautpenetrationen zur kompletten axillären Blockade, Komplikationen und Spätfolgen dokumentiert. Frühestens ab dem 1. postoperativen Tag wurden die Patienten erneut auf methodenspezifische Komplikationen hin untersucht.

## Ergebnisse

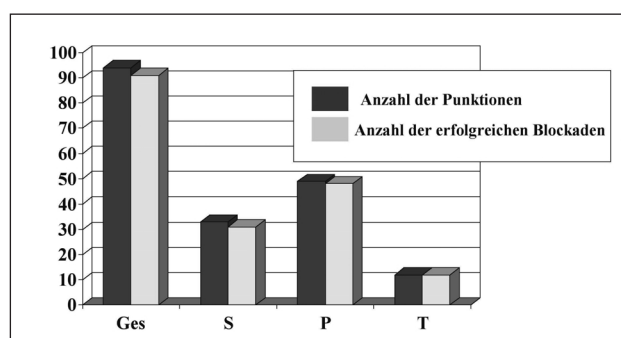
Insgesamt wurden bei 94 Patienten der ASA-Klassifikation I bis IV und einem Lebensalter von 16 bis 87 Jahren (47 männlich, 45 weiblich) eine axilläre Plexusblockade mit Hilfe des Ultraschalls durch drei verschiedene Anwender durchgeführt.

Die Indikationen waren unfallchirurgischer (Dupuytren'sche Kontraktur, Karpal-Tunnel-Syndrom, Metakarpal-/ Radius-/ Ellenbogen-Frakturen, Sehnenrupturen, Bursektomie, Handphlegmonen) und gefäßchirurgischer Art (Shunt-Anlagen und Revisionen).

Bei 91 erfolgreichen Blockaden von insgesamt 94 Punktionen lag die Erfolgsrate bei 96,8% (Abb. 6).



**Abbildung 5:** Darstellung der Gefäß-Nerven-Scheide mit N. musculocutaneus.



**Abbildung 6:** Trefferquote bei ultraschallgesteuerter axillärer Plexusblockade: Darstellung der Anzahl der Punktionen und der Anzahl der erfolgreichen Blockaden. Auflistung der Gesamtzahlen mit Einteilung in die jeweilig angewandte Punktionsschule.

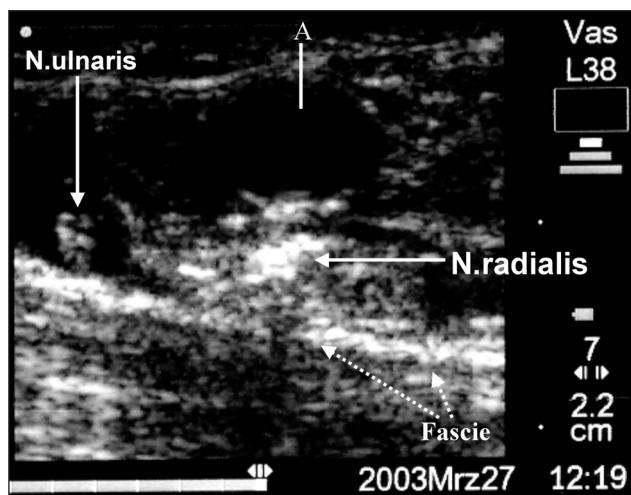
Ges: Gesamte Punktionen und erfolgreiche Blockaden  
 S: Punktionen und erfolgreiche Blockaden bei Stimuliplex-Punktionsschule  
 P: Punktionen und erfolgreiche Blockaden bei Plexusfix-Nadel  
 T: Punktionen und erfolgreiche Blockaden bei Transmed-Nadel.

Zur Anlage der axillären Blockade genügte bei 92 Patienten eine Hautpenetration, um das Lokalanästhetikum zu verabreichen. Lediglich bei zwei Patienten musste eine weitere Punktionsstelle gewählt werden, um adäquat alle Nerven umspritzen zu können.

Der Beginn der Wirksamkeit der Lokalanästhetika trat bei den erfolgreichen Blockaden im Mittel in 0,05 Minuten nach Beendigung der Injektion der Medikamente auf.

22 Patienten gaben unter der beschriebenen Vorgehensweise lediglich eine flüchtige Parästhesie an beim Heranführen der Spitze der Punktionsschule zum Nerven. Diese Parästhesien ließen – nach minimalem





**Abbildung 7:** Ausbreitung des Lokalanästhetikums ulnarwärts während Infiltration des N. radialis.

Zurückziehen der Punktionsnadel – sofort wieder nach. Insgesamt konnte bei keinem der Patienten in der postoperativen Kontrolle ein Anhalt für eine nervale Schädigung festgestellt werden.

Nur bei einem Patienten entstand eine versehentliche arterielle Punktion, bei einem weiteren Patienten entstand versehentlich eine diskrete venöse Blutung.

An 33 Patienten wurden zur ultraschallgesteuerten axillären Nervenblockade eine herkömmliche Stimulationskanüle (Stimuplex D 0.7 x 50 mm 15°, Fa. B. Braun Melsungen AG, Melsungen) angewandt, über die lediglich die Medikamente appliziert wurden und keine Stromimpulse zur Nervendetektion verabreicht wurden. Die Trefferquote lag in dieser Gruppe bei 99%.

An 49 Patienten wurden eine reine Punktionskanüle (Plexufix 0.55 x 55 mm Kurzschliff 45°, Fa. B. Braun Melsungen AG, Melsungen) mit Zuleitung für eine Spritzmöglichkeit benutzt. In dieser Gruppe wurde bei allen Patienten eine komplette axilläre Plexusblockade erreicht.

An insgesamt 12 Patienten wurden – nach Beendigung der Injektion der Lokalanästhetika – ein Katheter über die Punktionskanüle hinaus vorgeschoben (Polyplex N50 Pencil point Stimulationsnadel 21 G, Fa. Transmed Medizintechnik GmbH, Bad Wünneberg).

Der Personalbedarf beschränkte sich lediglich auf eine Pflegekraft und einen ärztlichen Mitarbeiter.

## Diskussion

Es bleibt unbestritten, dass der Ultraschall einen hohen Stellenwert in der Anästhesiologie besitzt [3, 6, 11, 12, 15, 17]. In einer Übersicht von *Kapral et al.* [8] wurden sowohl an der oberen als auch an der unteren Extremität für die verschiedensten Nervenblockaden

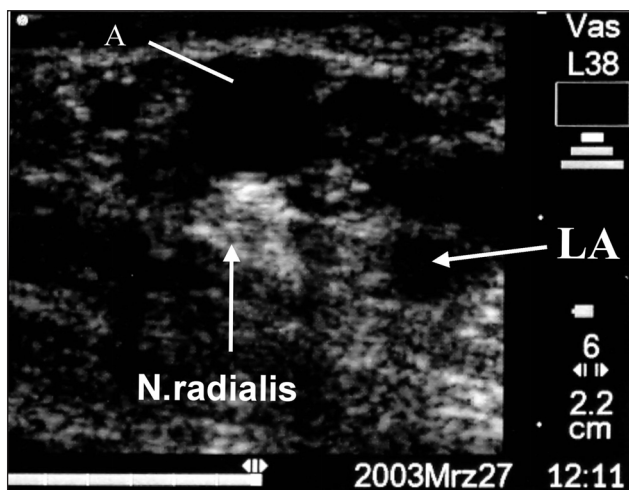
der Ultraschall als wertvolles Hilfsmittel dargestellt mit einem hohem Maß an Sicherheit und Erfolgsrate. *Ting et al.* [14] konnten erstmalig sonographisch die Ausbreitung von Lokalanästhetikum beim axillären Block beschreiben. Diese Befunde wurden in weiteren Arbeiten in der Fachliteratur bestätigt [5, 13, 17]. Dabei wurde weiterhin der Ultraschall als valides Hilfsmittel zur Nervenblockade betrachtet.

Zur Etablierung des Ultraschalls in einer anästhesiologischen Abteilung empfiehlt es sich, zunächst eine standardisierte Anleitung bezüglich dieser Technik auszuarbeiten. Ebenso sollte das Procedere nach vorab festgelegten Schritten durchgeführt werden. Solche Empfehlungen liegen derzeit in der Fachliteratur nicht vor. Anhand solchen Standards könnte ein hoher Lerneffekt – verbunden mit einer hohen Erfolgsrate – resultieren, möglicherweise gekoppelt mit einem einsparenden Effekt an Zeit und Kosten. Aus diesen Gründen wurde die oben beschriebene Vorgehensweise entwickelt und auf ihre Validität hin untersucht.

Das grundlegende Prinzip der oben beschriebenen ultraschallgesteuerten Nervenblockade ist in dem Ausbreiten des Lokalanästhetikums um den jeweils zu blockierenden Nerven zu sehen. Die Applikation des Lokalanästhetikums lässt sich sonographisch problemlos darstellen und in seiner Ausbreitung sehr gut verfolgen (Abb. 7). Breitet sich das Lokalanästhetikum versehentlich weg vom Nerven aus, so kann zunächst der Injektionsvorgang gestoppt und nach Korrektur der Nadelposition wiederholt werden (Abb. 8).

Grundvoraussetzung jedoch 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 das Lokalanästhetikum zwischen Schallkopf und Nerv sich ausbreitet. Aus diesem Grunde sollte nicht der N. ulnaris bzw. medianus als erstes bei der axillären Plexusblockade 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 Faszia des M. triceps und der A. axillaris ausbreiten. Hierbei kann sicher der N. radialis blockiert werden. Das Lokalanästhetikum-depot drückt etwas die Gefäß-Nerven-Scheide 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 (Abb. 5). Dieser Umstand kann ausgenutzt werden, um evtl. mit einem Injektionsvorgang zwei Nerven – unter Sicht – zu blockieren.

Die Blockaden wurden von drei verschiedenen Anwendern/Fachärzten mit unterschiedlicher Erfahrung



**Abbildung 8:** Versehentliche Ausbreitung des Lokalanästhetikums subfaszial während Infiltration des N. radialis.

hinsichtlich der Sonographie durchgeführt. Es wäre sicherlich interessant, den Aspekt zu untersuchen, wie die Lernkurve sich bezüglich der ultraschallgesteuerten Regionalanästhesie verhält. Aus dem Bereich der ultraschallgesteuerten Punktion großer Gefäße ist bekannt, dass der Erwerb der Kenntnisse und Fertigkeiten bezüglich der Anwendung des Ultraschalls sehr rasch vonstatten geht [1, 2, 16]. Es wäre jedoch zum momentanen Zeitpunkt verfrüht, diese Ergebnisse auf die ultraschallgesteuerte Regionalanästhesie übertragen zu wollen.

Die bislang in unserer Klinik langjährig durchgeführte "Single-shot"-Technik mit einem Nervenstimulator zur axillären Plexusanästhesie hat eine Erfolgsrate von 70 bis 75%, analog den Angaben aus der Literatur [4]. Beim Vergleich mit der oben beschriebenen Verfahrensweise fällt eine deutliche Steigerung der Anzahl der kompletten Blockaden um fast 20% auf, so dass sich die Frage aufdrängt, ob die sonographisch-gesteuerte axilläre Plexusanästhesie die "Single-shot"-Technik mit einem Nervenstimulator ersetzen kann. Andererseits muss darauf hingewiesen werden, dass bei der Multiple-injection-Technik mit Nervenstimulation Trefferquoten zwischen 82 und 95% angegeben werden [4].

Auffällig sind die immer wieder auftretenden kurzfristigen Parästhesien während des Punktionsvorganges, die immerhin in nahezu 24% der Fälle auftraten. Einschränkend sei jedoch darauf hingewiesen, dass es sich in allen Fällen um einmalige und flüchtige Ereignisse handelte. Ursächlich kann die unmittelbare Nähe der Spitze der Punktionsnadel zum Nerven betrachtet werden. Die Berührung der Spitze der Punktionsnadel auf einem Nerven wurde als kurzfristige Parästhesie vom Patienten angegeben. Bislang konnten in unserer Klinik keine längerfristigen Parästhesien bei der postoperativen Befragung im Sinne einer Nervenschädigung festgestellt werden nach Anwendung des Ultraschalls zur Plexusanästhesie. Eventuell sollte jedoch die Wahrung einer

bestimmten Distanz zum Nerven praktiziert werden. Insgesamt gelten anästhesieassoziierte Nervenschäden als seltenes Ereignis [10], deren Inzidenz möglicherweise mit Hilfe des Ultraschalls noch weiter reduziert werden könnte. Trotz alledem sollte selbstkritisch beleuchtet werden, ob eventuell die Punktionsnadel nicht einer unmittelbaren Nähe zum Nerven bedarf, sondern das Augenmerk eher auf die adäquate Ausbreitung des Lokalanästhetikums gerichtet werden sollte. Nur so kann eine sichere Blockade mit einem geringen Risiko einer Nervenschädigung erreicht werden.

Neben den üblicherweise angewandten Stimulationskanülen wurde in der vorliegenden Untersuchung an 33 Patienten eine Punktionsnadel angewandt, welche weder eine Isolierung noch ein Stimulationskabel beinhaltet. Auch mit dieser Nadel konnte der oben beschriebene Algorithmus mit gleicher Trefferquote und fehlenden Komplikationen erzielt werden. Diese Nadeln sind aufgrund der beschriebenen Konfiguration deutlich billiger, so dass nach einer von uns erstellten Kostenanalyse ein Einsparpotenzial von mindestens 5 Euro allein pro Plexusblockade erreicht werden kann. Wird die Rate der inkompletten Blockaden – und somit die weiteren Kosten für die dafür benötigten Narkosen – reduziert, und wird auch bei der Punktion großer Gefäße auf die sonographische Verfahrensweise zurückgegriffen, so vermag dies ein interessanter Aspekt für längerfristige Investitionen zu sein. Die derzeitigen Investitionsvolumina für die Anschaffung eines Ultraschall-Gerätes für eine Anästhesiologische Abteilung liegen derzeit bei ca. 15.000 bis 20.000 Euro. In einer Abteilung mit einer hohen Anzahl an Regionalverfahren und Punktionen zur ZVK-Anlage kann somit ein nicht unerheblicher kostendämpfender Effekt erzielt werden anhand der Anwendung des Ultraschalls.

Der Aspekt der Zeitersparnis könnte bei der Einschätzung des Ultraschalls im Rahmen der Plexusblockaden ebenfalls eine Rolle spielen. In der vorliegenden Studie konnte unmittelbar nach Beendigung der Injektion der Lokalanästhetika der Beginn der Wirksamkeit festgestellt werden. In einer Studie von *Kapral et al.* [6] konnte beim supraklavikulären Zugang mittels Ultraschall eine komplette sensorische Blockade nicht signifikant schneller erzielt werden als bei Blockaden der gleichen Art unter Nervenstimulation. Inwieweit diese Befunde auf den axillären Block sich übertragen lassen bleibt unklar. Zumindest ist die Aussage zu treffen, dass eine erfolgreiche axilläre Blockade mittels Ultraschall in der Regel durch einen Wirkungseintritt in den ersten Minuten nach Beendigung des Injektionsvorganges gekennzeichnet ist. Alles andere scheint auf einen "Versager" zu deuten.

Die Manipulation des Gewebes während des Identifikations- und Injektionsvorganges der oben beschriebenen Technik war geringer Natur, da in fast allen Fällen lediglich von einer Punktionsstelle aus alle

Nerven erreicht werden konnten. Dadurch könnte auch eine Minimierung des Infektionsrisikos postuliert werden, wenn weitere Hautpenetrationen dadurch vermieden werden können. Unserer Erfahrung nach können die Identifikation der anatomischen Strukturen nach ein- bis zweimaligem Vorführen selbständig durchgeführt werden. Die Punktion und der Injektionsvorgang hatten in keinem Fall eine Verzögerung des Routineablaufs nach sich gezogen. Zwar wurden die Zeiten insgesamt nicht als solches dokumentiert, jedoch konnte ein schneller Beginn der Wirksamkeit der Blockade festgestellt werden. Ob sich dadurch insgesamt ein Zeitgewinn entwickeln kann, bleibt Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Neben der äußerst hohen Trefferquote muss die Möglichkeit der Visualisierung der Prozesse als immenser Benefit erachtet werden. Die Applikation der Lokalanästhetika "online" zu beobachten, zu kontrollieren und eventuell auch noch zu korrigieren (Abb. 4 - 7), kann als Gewinn betrachtet werden. Die Gründe, dem Patienten solches vorenthalten zu wollen, sind daher im Vergleich als gering und wenig haltbar zu bezeichnen.

Zusammenfassend lässt sich Folgendes sagen: Die wirtschaftlichen, juristischen und ethischen Anforderungen an ein regionalanästhesiologisches Verfahren werden durch die beschriebene ultraschallgesteuerte axilläre Plexusblockade im höchsten Maße erfüllt. Dieses bildgebende Verfahren übertrifft an Sicherheit und Erfolg einen Großteil der bislang herkömmlich praktizierten Techniken zur axillären Plexusanästhesie. Durch einen vorab definierten Algorithmus kann die Verfahrensweise des Ultraschalls in der Anästhesiologie eine schnelle Ausbreitung erfahren.

## Fazit

- Die standardisierte Vorgehensweise zur ultraschallgesteuerten axillären Plexusanästhesie stellt eine jederzeit reproduzierbare, leicht durchzuführende und schnell erlernbare Verfahrensweise dar.
- Die Effektivität dieser Methode kann als äußerst hoch beschrieben werden und ist mit einer äußerst geringen Komplikationsrate verbunden.
- Eine Anschlagszeit innerhalb der ersten Minuten nach Beendigung der Injektion der Lokalanästhetika deutet auf eine erfolgreiche Blockade hin.

## Literatur

1. Alderson PJ, Burrows FA, Stemp LI, Holtby HM. Use of ultrasound to evaluate internal jugular vein anatomy and to facilitate central venous cannulation in paediatric patients. *Br J Anaesth* 1993;70:145
2. Böck U, Möllhoff T, Förster R. Ultraschallgesteuerte versus anatomisch orientierte Punktion der Vena jugularis interna zur zentralvenösen Katheterisierung. *Ultraschall Med* 1998;20:98-103
3. Braß P, Volk O, Leben J, Schregel W. Zentralvenöse Punktion – nur noch mit Ultraschall? *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2001;36:619-627
4. Büttner J. Nervenblockaden an den oberen Extremitäten. In: Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. Hrsg.: Niesel HC, van Aken H 2002 Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York
5. De Andres J, Sala-Blanch X. Ultrasound in the practice of brachial plexus anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2002; 27:77-89
6. Denys BG, Uretsky BF. Anatomical variations of internal jugular vein location: Impact on central venous access. *Crit Care Med* 1991;19:1516-1519
7. Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl Ch. Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus. *Anesth Analg* 1994;78:507-513
8. Kapral S, Marhofer P. Ultraschall in der Regionalanästhesie Teil II: Ultraschallunterstützte Blockaden der peripheren Nervenbahnen. *Anaesthesist* 2002;51:1006-1014
9. Kapral S, Marhofer P, Grau T. Ultraschall in der Regionalanästhesie Teil I: Technische Entwicklungen und Grundlagen. *Anaesthesist* 2002;50:931-937
10. Kroll DA, Caplan RA, Posner K, Ward RJ, Cheney FW. Nerve injury associated with anesthesia. *Anesthesiology* 1990;73:202-207
11. Lichtenstein D, Saifi R, Augarde R, Prin S, Schmitt JM, Page B, Pipien I, Jardin F. The internal jugular veins are asymmetric. Usefulness of ultrasound before catheterization. *Intensive Care Med*, 2001;27:301-305
12. Randolph AG, Cook DJ. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: A meta-analysis of the literature. *Crit Care Med* 1996;24:2053-2058
13. Reed J, Leighton S. Ultrasound facilitation of brachial plexus block. *Anaesth Intensive Care* 1994;22:499
14. Ting PL, Sivagnanaratnam V. Ultrasonographic study of the spread of local anaesthetic during axillary brachial plexus block. *Br J Anaesth* 1989;63:326-329
15. Troianos CA, Jobes DR, Ellison N. Ultrasound guided cannulation of the internal jugular vein. *Anaesthesiology* 1990;73:451
16. Verghese ST, McGill WA, Patel RI, Sell JE, Midgley FM, Ruttimann UE. Ultrasound-guided internal jugular venous cannulation in infants: a prospective comparison with the traditional palpation method. *Anesthesiology* 1999;91:71-77
17. Yang WT, Chui PT, Metreweli C. Anatomy of the normal brachial plexus revealed by sonographic guidance in anesthesia of the brachial plexus. *Am J Roentgenol* 1998; 171:1631-16316.

## Korrespondenzadresse:

Dr. med. Fotios Kefalianakis  
Abteilung für Anästhesiologie und  
interdisziplinäre Intensivmedizin  
Klinikum Ludwigsburg  
Posilipostraße 4  
D-71640 Ludwigsburg.