

Ultraschallgestützte Blockade des axillären Plexus brachialis in der Handchirurgie

F. Kefalianakis¹

F. Spohner²

Ultrasound-Guided Blockade of Axillary Plexus Brachialis for Hand Surgery

Zusammenfassung

Ziel: Die Blockade des axillären Plexus brachialis gilt als integraler Bestandteil zur anästhesiologischen Mitversorgung in der Handchirurgie. Eine schnelle, nebenwirkungsarme und mit hohem Erfolg bedachte regionalanästhesiologische Vorgehensweise wird diesbezüglich von Operateur und Patient erwünscht. Herkömmlicherweise wird die Blockade des axillären Plexus brachialis unter Anwendung eines Nervenstimulators durchgeführt. Anhand der folgenden retrospektiven Studie soll eine alternative Technik vorgestellt werden, welche den Ultraschall zur Detektion nervaler Strukturen nutzt. **Methode:** Anhand eines handelsüblichen Ultraschalls (Linearschallkopf, 10 MHz) werden die anatomischen Strukturen in der Axilla sonographisch dargestellt. Unter sterilen Kautelen erfolgt die Anlage einer Hautquaddel mit anschließender Führung der Punktionskanüle zu den jeweiligen Nerven. Es werden die Lokalanästhetika (50 ml Prilocain 1% beziehungsweise 40 ml Prilocain 1% und 20 ml Ropivacain 0,5%) injiziert. Es wurden Parameter dokumentiert, wie die Zeit zur Entwicklung erster Anzeichen einer motorischen Blockade (in Minuten), Vorliegen einer kompletten Blockade (ja/nein) und mögliche Komplikationen, wie Nervenschädigungen, Infektionen oder Hämatome. **Ergebnisse:** Über einen Zeitraum von 30 Monaten wurden insgesamt acht verschiedenen Mitarbeitern unterschiedlichen Ausbildungsstandes 221 ultraschallgestützte Blockaden des axillären Plexus brachialis durchgeführt. In 96,8 Prozent der Fälle stellte sich die Blockade als komplett dar ohne jegliche ergänzende Medikation. Eine Änderung des

Abstract

Objective: Blockade of the axillary plexus brachialis is an integral part of the anesthetic-specific procedures in the field of hand surgery. Less side-effects with high success rates are demanded of the surgeons and required by the patients. Normally, blockade of the axillary plexus brachialis is performed by using nerve stimulation. An alternative technique described here as a retrospective study uses ultrasound for detection of the nerves. **Method:** At the level of axilla, anatomical structures (axillary vein and artery, triceps/coracobrachialis muscles, ulnar/radial/median nerves) were visualized by ultrasound (linear scanner, 10-MHz transducer). At this position, a puncture needle was inserted into the nerves and local anesthetics were injected (50 ml prilocaine 1% or 40 prilocaine 1% and 20 ropivacaine 0.5%). Parameters like onset time of blockade (min), complete block (yes/no) and possible complications were documented. **Results:** In 30 months 221 ultrasound-guided blocks of axillary plexus brachialis were performed by eight anesthetists with different levels of training. In 96.8% of the documented cases blockade was complete and did not require any supplementation. Only in seven cases was a conversion of the anesthetic technique performed. Adverse effects like toxic-allergic reactions or nerve damage caused by the punctures were not documented in any case. The average time to onset of the blockade was 2.2 minutes. **Conclusion:** Ultrasound-guided blockade of the axillary plexus brachialis represents an alternative to procedures using nerve stimulation, even in patients with anatomic abnormalities. The described

Institutsangaben

¹ Klinik für Anästhesiologie, Interdisziplinäre Intensivmedizin und Schmerztherapie (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. G. Geldner), Klinikum Ludwigsburg

² Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. G. Helbing), Klinikum Ludwigsburg

Korrespondenzadresse

Dr. med. Fotios Kefalianakis · Klinik für Anästhesiologie, Interdisziplinäre Intensivmedizin und Schmerztherapie · Klinikum Ludwigsburg · Posilipostraße 4 · 71640 Ludwigsburg · E-mail: Fotios.Kefalianakis@kliniken-lb.de

Eingang des Manuskriptes: 9.6.2005 · **Angenommen:** 8.7.2005

Bibliografie

Handchir Mikrochir Plast Chir 2005; 37: 344–348 · © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 0722-1819 · DOI 10.1055/s-2005-872819

Verfahrens zur Vollnarkose wurde in sieben der untersuchten Fälle durchgeführt. Komplikationen, wie toxisch-allergische Reaktionen beziehungsweise punktionsbedingte Nervenschädigungen, konnten in keinem der beobachteten Fälle festgestellt werden. Die Zeit bis zum Beginn der Wirkung lag im Mittel bei 2,2 Minuten. **Schlussfolgerung:** Die beschriebene ultraschallgestützte Blockade des axillären Plexus brachialis kann als Alternative zu herkömmlichen Techniken betrachtet werden. Die beschriebene Methode erscheint für die Erfordernisse in der Handchirurgie – rasche Anschlagszeit und hohe Erfolgsrate – geeignet zu sein.

Schlüsselwörter

Handchirurgie · axillärer Plexus brachialis · Ultraschall · Regionalanästhesie

Einleitung

Die Blockade des axillären Plexus ist eine fest etablierte und weit verbreitete anästhesiologische Verfahrensweise für operative Interventionen in der Handchirurgie [1]. Seit der Erstbeschreibung durch Hirschel im Jahre 1911 sind eine Reihe von Methoden entwickelt worden, wie die transarterielle, die perivaskuläre „Single-shot-“ und Multiinjektionstechnik [1]. Dabei hat in den letzten Jahren die Anwendung des Nervenstimulators als wichtigstes und am weitesten verbreitetes Verfahren zur Detektion der Nervenlokalisierung sich im klinischen Alltag etabliert. All diesen Vorgehensweisen ist gemeinsam, dass keine direkte Sicht auf Zielort und Injektat gegeben ist. Mit dem Ultraschall ist es nun erstmals möglich, sowohl Zielnerv(en) als auch Bewegung der Punktionsnadel mit anschließendem Injektionsvorgang direkt zu visualisieren, zu kontrollieren und gegebenenfalls zu korrigieren [2, 5, 6].

Anhand der hier vorliegenden retrospektiven Datenanalyse, welche teilweise in der anästhesiologischen Fachliteratur publiziert worden ist [5], soll die Möglichkeit der ultraschallgestützten Blockade des axillären Plexus brachialis im Rahmen der Handchirurgie dargestellt werden.

Patienten und Methode

Patienten

Es sollten alle die Patienten untersucht werden, welche im Rahmen einer handchirurgischen Versorgung eine axilläre Plexusanästhesie erhielten. Insgesamt wurde bei 221 handchirurgischen Patienten eine ultraschallgestützte axilläre Plexusblockade über einen Zeitraum von 30 Monaten durchgeführt. Es handelte sich um 141 Männer und 80 Frauen im Alter von 8 bis 87 Jahren (Mittelwert \pm Standardabweichung: 51,37 \pm 19,44 Jahre). Nach der ASA-Klassifikation (American Society of Anaesthesiology) wurden die Patienten in die Klasse I bis IV eingestuft. Die ASA-Klassifikation beschreibt das Maß des Narkoserisikos des jeweiligen Patienten und reicht von Klasse I (gesunder Patient) bis Klasse V (moribunder Patient). Bei Kindern erfolgte die Beschränkung der Lokalanästhetika auf 6,5 ml/kg Körpergewicht. Ansonsten wurde bei allen erwachsenen Patienten unabhängig

method proved to be effective, especially in the field of hand surgery.

Key words

Hand surgery · axillary plexus brachialis · ultrasound · regional anesthesia

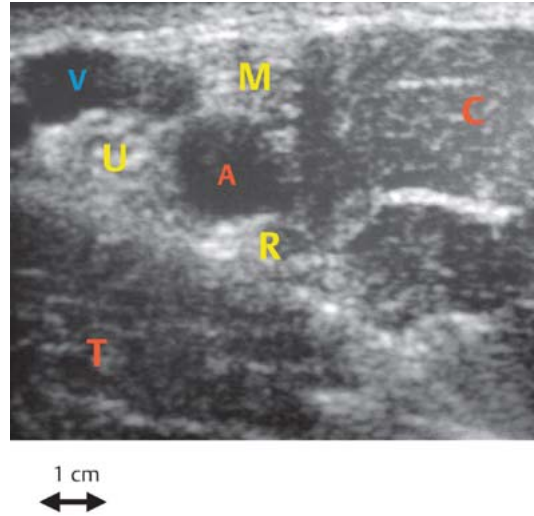


Abb. 1 Sonographische Darstellung der Regio axillaris. A: A. axillaris; V: V. axillaris; U: N. ulnaris; M: N. medianus; R: N. radialis; T: M. triceps; C: M. coracobrachialis.

vom Körpergewicht die gleiche Menge an Lokalanästhetika angewandt. Eine bestimmte Selektion von handchirurgischen Patienten fand nicht statt. Die im definierten Zeitraum durchgeführten Blockaden wurden in die Untersuchung eingeschlossen, wobei sowohl Wahleingriffe als auch Notfalleingriffe untersucht worden sind. Eine weitere Dokumentation und Differenzierung anatomischer und pathophysiologischer Merkmale erfolgte während des Beobachtungszeitraumes nicht.

Technik der axillären Plexus brachialis-Blockade

Als Kontraindikationen gelten Kinder unter sechs Jahren, Infekt beziehungsweise geschwollene Lymphknoten im Punktionsbereich und Ablehnung beziehungsweise mangelnde Kooperation seitens des Patienten.

Zur Anlage einer axillären Plexusanästhesie kommt ein handelsübliches Ultraschallgerät (180Plus/Titan TM, Fa. Sonosite, Erlangen) zur Anwendung mit einem linearen Schallkopf (L38 Broadband Linear Array Transducer, 10 MHz).

Die Patienten werden üblicherweise – wie bei der Anwendung des Nervenstimulators – in Rückenlage gelagert, der Arm in der Schulter um zirka 90 Grad abduziert und im Ellenbogen auch um zirka 90 Grad gebeugt. In dieser Position werden zunächst die Gefäße im Bereich der Axilla via Ultraschall aufgesucht (Abb. 1). Der Schallkopf wird so positioniert, dass die linke Seite des Bildschirms immer ulnarwärts gerichtet ist. Anschließend werden mittels Vergrößerung die nervalen Strukturen (N. ulnaris, N. medianus, N. radialis, ggf. N. musculocutaneus) identifi-

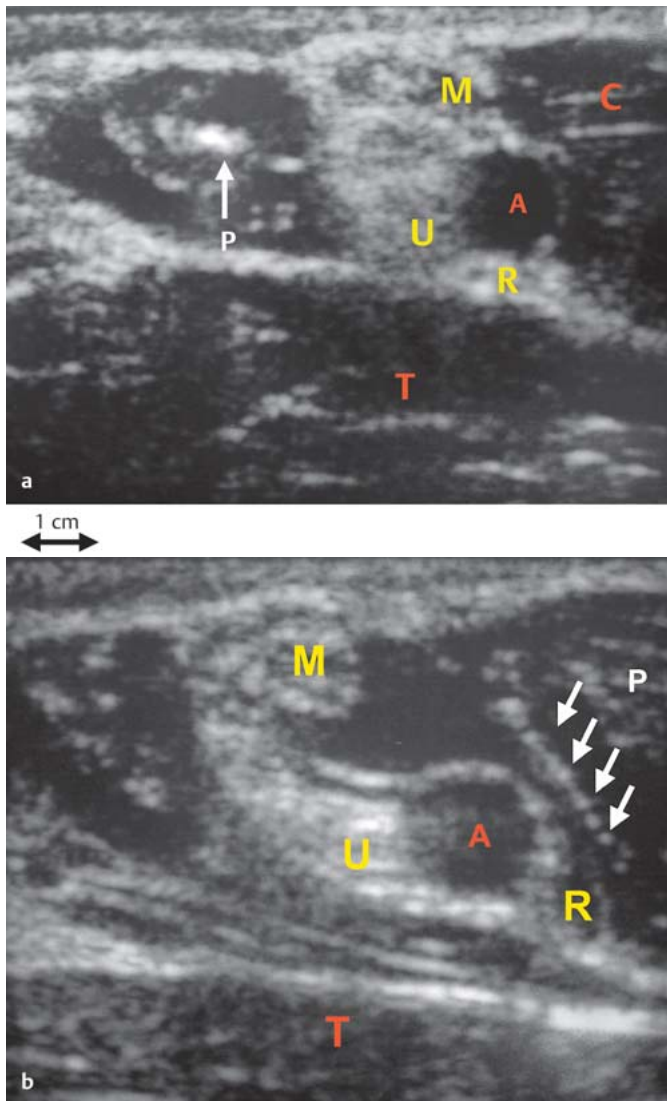


Abb. 2a und b Einführen der Punktionskanüle (P) von ulnar (a) und median (b) mit Injektion von Lokalanästhetika, kontrolliert via Ultraschall. Abkürzungen siehe Abb. 1.

ziert. Erst nach dieser Vorinspektion erfolgt der eigentliche Punktionsvorgang.

Unter sterilen Kautelen werden die A. und V. axillaris, die Mm. coracobrachialis und triceps und die nervalen Strukturen erneut dargestellt. Der Schallkopf wird mit einem sterilen gelgefüllten Handschuh umhüllt und anschließend so positioniert, dass die A. axillaris genau in der Mitte des Bildschirms in Querdarstellung abgebildet wird. Unter Sicht wird eine Hautquaddel gesetzt mit zirka 1 bis 3 ml Mepivacain 1%. Dann wird eine handelsübliche Punktionsnadel (Plexufix 0,55 × 50 mm/G24 × 2°, B. Braun, Melsungen AG) unter sonographischer Kontrolle zum N. radialis vorsichtig vorgeschoben. An dieser Stelle werden in der Regel 10 ml Prilocain 1% appliziert. Danach werden der N. medianus und der N. ulnaris unter sonographischer Kontrolle aufgesucht und mit jeweils 20 ml Prilocain 1% umspritzt (Abb. 2a und b). In der Regel ist eine neuerliche Hautpunktion nicht nötig. Optional kann zusätzlich der N. musculocutaneus mit zirka 5 ml Prilocain 1% zusätzlich infiltriert werden, falls dieser sich solitär auf der gewählten Schnittebene darstellen lässt.



Abb. 3 Fotografische Darstellung des Schallkopfes in Beziehung zur Punktionskanüle während ultraschallgesteuerter Blockade des axillären Plexus brachialis.

Insgesamt werden in der Regel 50 ml Prilocain 1% injiziert. Bei zu erwartenden längeren Operationszeiten (> 1 h) erfolgt die Applikation von insgesamt 40 ml Prilocain 1% und 20 ml Ropivacain 0,5%. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die Lokalanästhetika sich um die jeweiligen Nerven ausbreiten. Eine zusätzliche Anlage eines „Ringblocks“ zur besseren Tolerierung der bei allen Eingriffen angelegten Oberarm-Blutleere-Manschette erfolgte nicht. Besonders hervorzuheben ist, dass die Identifizierung der nervalen Strukturen ausschließlich auf das bildgebende Verfahren zurückgreift (Abb. 3). Weder Nervenstimulation noch das bewusste Auslösen von Parästhesien wird hierfür herangezogen.

Methodie

Es wurden die folgenden Parameter in einem speziell angefertigten Protokoll dokumentiert, wie erfolgreiche Blockade (ja/nein), Zeit bis zu ersten Anzeichen einer motorischen Blockade (in Minuten), Anzahl der Hautpenetrationen zur kompletten axillären Blockade, Komplikationen und Spätfolgen. Die Parameter wurden aus den Anästhesieprotokollen entnommen beziehungsweise am ersten postoperativen Tag in der handchirurgischen Ambulanz unseres Hauses erfragt.

Als erfolgreiche Blockade galt nur dann, wenn keine weiteren Lokalanästhetika nachinjiziert wurden beziehungsweise systemisch wirksame Analgetika und/oder Sedativa appliziert wurden.

Ergebnisse

Bei 214 erfolgreichen Blockaden von insgesamt 221 dokumentierten Blockaden des axillären Plexus brachialis lag die Erfolgsrate bei 96,8% (Abb. 4), sodass in diesen Fällen eine Operation durchgeführt werden konnte. Eine Supplementation jeglicher Art (Sedativa/Nachinjektion von Lokalanästhetika) durch Anästhesist beziehungsweise durch Operateur aufgrund Schmerzen durch den chirurgischen Stimulus wurde als Versager gewertet.

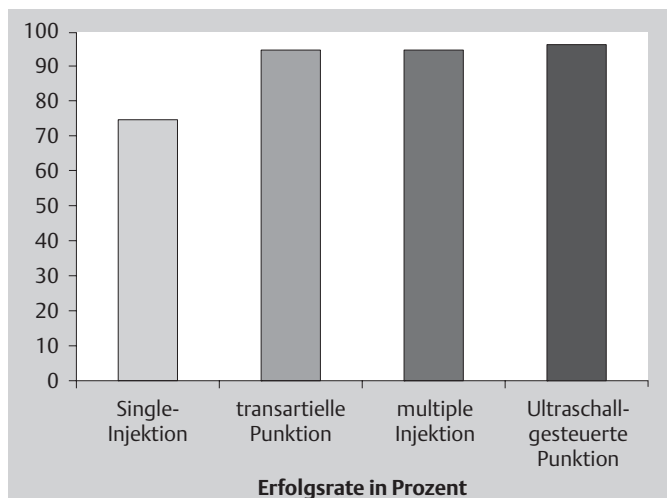


Abb. 4 Vergleich der Erfolgsraten der verschiedenen Techniken zur Blockade des axillären Plexus brachialis. In der Grafik werden die in der vorgestellten Untersuchung ermittelten Trefferquoten verglichen mit den in der Literatur [1] beschriebenen Erfolgsraten der anderen Techniken.

Bei sieben nicht erfolgreichen Blockaden wurde eine Vollnarkose durchgeführt, und die Patienten erhielten nach einer Wartezeit von zirka einer Stunde eine Larynxmaske. Eine routinemäßige periphere Nachinjektion bei Versagern wird an unserer Klinik als solches nicht präferiert. Diese „Versager“ waren durch eine Teilblockierung der motorischen und sensiblen Anteile gekennzeichnet.

Zur Anlage der axillären Blockade reichte bei 219 Patienten eine Hautpenetration aus, um das Lokalanästhetikum zu verabreichen. Lediglich bei zwei Patienten musste eine weitere Punktionsstelle gewählt werden, um adäquat alle Nerven infiltrieren zu können. Auch bei diesen Patienten konnte eine erfolgreiche Blockade erzielt werden.

Der Beginn der Wirksamkeit der Lokalanästhetika trat bei den erfolgreichen Blockaden im Mittel nach 2,2 Minuten (Min. 0 min, Max. 30 min) nach Beendigung der Injektion der Medikamente auf. Der Beginn der Wirksamkeit wurde unmittelbar nach Beendigung der Injektion erfragt (Strecken/Beugen im Ellenbogengelenk beziehungsweise der Finger) in einer Sequenz von zirka 30 Sekunden.

Insgesamt konnte in einem Untersuchungszeitraum von einem Tag bei keinem der untersuchten Patienten ein Anhalt für eine nervale Schädigung festgestellt werden. Eine mögliche punktionsbedingte Komplikation, die sich nach dem ersten postoperativen Tag manifestiert hätte, wurde in der weiteren chirurgischen Nachbehandlung nicht festgestellt.

Diskussion

Der Stellenwert der axillären Plexusanästhesie wurde in mehreren Studien vielfach untersucht [1]. Wertigkeit und Erfolgsrate der Blockade sind aufgrund der verschiedenen Vorgehensweisen unterschiedlich. Letztendlich haben sich drei Techniken bei der

Blockade des axillären Plexus brachialis durchgesetzt und im klinischen Alltag etabliert. Von den meisten Anwendern wird dabei auf die Nervenstimulation zur Detektion der verschiedenen Nerven zurückgegriffen.

Herkömmliche Blockadetechniken des axillären Plexus brachialis

Die ohne Zweifel in anästhesiologischen Kreisen derzeit am weitesten verbreitete Verfahrensweise ist die *perivaskuläre „Single-injection“-Technik*, wobei nach Penetration der Gefäß-Nervenscheide mit typischem Widerstandsverlust mittels Anwendung der Nervenstimulation die korrekte Lage der Punktionskanüle überprüft wird. Die alternative – relativ selten genutzte – Lagekontrolle anhand einer Injektion von kühler Kochsalzlösung mit nachfolgendem Auslösen von Parästhesien wird von den Patienten als unangenehm empfunden. Die Angaben hinsichtlich der Erfolgsraten schwanken zwischen 70 und 75% (ohne weitere Nachinjektionen von Lokalanästhetika).

Durch die *„Multiple injection“-Technik* erfolgt ein selektives Aufsuchen der einzelnen Nerven mit jeweils anschließender Injektion der Lokalanästhetika. Die Erfolgsquote wird hierbei mit 82 bis 95% beziffert. Diese differenzierte Blockade geht jedoch eindeutig mit einer deutlich höheren Traumatisierung und damit mit einem höheren Risiko einer Nervenschädigung einher [1].

Eine weitere Methodik zum Aufsuchen des axillären Plexus brachialis ist die *transarterielle Technik*, der eine bewusste Penetration der A. axillaris zugrunde liegt. Die Erfolgsrate liegt bei dieser Technik laut Literatur bei zirka 89%. Unbeabsichtigte Parästhesien treten jedoch bei bis zu 12% auf, und in 0,2% sind neurologische Spätschäden beobachtet worden. Ebenfalls traten Nebenwirkungen auf, wie versehentliche intraarterielle Injektion, Hämatombildung und Entwicklung von Pseudoaneurysmen [1].

All diesen genannten Techniken zur Blockade des axillären Plexus brachialis liegt zunächst die Orientierung nach anatomischen Strukturen und/oder Nervenstimulation zugrunde. Trotz der Anwendung des Nervenstimulators kann sich der entsprechende Suchvorgang gelegentlich schwierig und langwierig gestalten, zumal die anatomische Variation im Bereich der Regio axillaris doch erheblich ausgeprägt sein kann [4].

Ultraschall zur Blockade des axillären Plexus brachialis

Mit dem Ultraschall ist es nun möglich, sowohl den eigentlichen Zielort direkt sonographisch zu ermitteln als auch das zu injizierende Lokalanästhetikum kontrolliert zu applizieren [3, 4]. Eine versehentliche Irritation sensibler anatomischer Strukturen, wie Gefäße (A./V. axillaris) beziehungsweise Nervenstrukturen, kann unter Anwendung des Ultraschalls theoretisch vermieden werden. Das Verschieben der Punktionskanüle kann meist direkt sonographisch beobachtet und gegebenenfalls korrigiert werden. Die entsprechende Traumatisierung des Gewebes wird somit auf ein Mindestmaß reduziert, und unnötig lange, für den Patienten als unangenehm empfundene Suchvorgänge werden vermieden. Grundvoraussetzung einer erfolgreichen ultraschall-gesteuerten Blockade des axillären Plexus brachialis sind die sichere Identifikation der Zielnerven und das korrekte Ausbreiten der Lokalanästhetika um die jeweiligen Nerven. Eine direkte Nähe der Punktionskanülenspitze zu den Nerven gilt somit nicht

als absolute Bedingung einer erfolgreichen Nervenblockade. Das bedeutet, dass aus einer relativ sicheren Entfernung zu den Nerven die jeweiligen Substanzen appliziert werden können, sodass das Risiko einer punktionsbedingten Nervenschädigung zumindest auf gleich niedrigem Niveau (ca. 0,2%) gehalten werden kann, wie bei den herkömmlichen Techniken [5, 6].

Die Erfolgsrate der vorgestellten ultraschallgesteuerten Blockade des axillären Plexus brachialis liegt, im Vergleich zu den herkömmlichen Techniken, teilweise höher (Abb. 4). Diese Zahlen konnten in der vorgestellten Studie durch mehrere Kollegen unterschiedlichen Ausbildungsstandes bestätigt werden, wobei die Lernkurve insgesamt als äußerst „steil“ empfunden wurde. Das heißt, dass schon nach wenigen Anlagen einer Blockade unter Anleitung die vorgestellte Verfahrensweise selbstständig durch das ärztliche Personal durchgeführt werden konnte. Vor dem Erlernen der ultraschallgesteuerten Blockade des axillären Plexus brachialis wurde darauf geachtet, dass jeweils die ultraschallgesteuerte Punktion großer Gefäße erlernt wurde, zum Beispiel zur Anlage zentral-venöser Katheter. Dadurch war ein sicherer Umgang mit dem Ultraschallgerät grundsätzlich gegeben, und die entsprechende Interpretation der Bilder und die Schallkopfführung zur Punktion und Injektion von Lokalanästhetika konnten schnell erlernt werden. Eine weitere detaillierte Untersuchung der Lernkurve unter den beschriebenen Bedingungen wäre sicher eine interessante Fragestellung im Rahmen weiterer Studien, wie sie schon von Grau und Mitarb. [2] im Zusammenhang mit der Anwendung des Ultraschalls zur neuroaxialen Regionalanästhesie beleuchtet worden ist.

Da, wie beschrieben, das Ultraschallgerät weitere Einsatzmöglichkeiten in unserer Klinik aufwies, wie die Anlage zentral-venöser Katheter, amortisieren sich die Anschaffungskosten, welche in einem Bereich von zirka 15 000 € liegen, bei hoher Anwendungsfrequenz innerhalb weniger Jahre. Detaillierte Kostenanalysen im Rahmen großer prospektiver Studien hinsichtlich der Anwendung des Ultraschalls im Rahmen der Regionalanästhesiologie und dessen Einsparpotenzial (Zeitreduktion, Komplikationsreduktion etc.) stehen jedoch noch aus.

Sonographisch lassen sich Nerven bis zu einer bestimmten Größe sehr gut darstellen, die Reflexmuster imponieren jedoch jeweils äußerst verschieden [3]. In der Regel handelt es sich dabei um eine Mischung aus hypo- und hyperechogenen Reflexmustern. Grundsätzlich ist die sonographische Darstellung abhängig von der Art und Größe der jeweiligen Nerven, vom Schallwinkel, von den umgebenden anatomischen Strukturen und auch von der individuellen Variation der jeweiligen Patienten. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer standardisierten „ultraschallspezifischen“ Ausbildung, um die dargestellte Verfahrensweise in einer Klinik erfolgreich etablieren zu wollen.

Aus der Sicht der Operateure unserer Klinik wurde die beschriebene Vorgehensweise ebenso als vorteilhaft empfunden, da neben der hohen Erfolgsrate auch eine Beschleunigung der perioperativen Abläufe erzielt werden konnte, zumal eine schnelle Anschlagszeit auffiel. In der Literatur werden diese Ergebnisse auch bei weiteren ultraschallgesteuerten Nervenblockaden beobachtet, wie zum Beispiel bei der Blockade des N. femoralis im Rahmen der perioperativen Analgesie/Anästhesie bei Knieein-

griffen, teilweise sogar mit Reduktion der erforderlichen Volumina an Lokalanästhetika [3, 6]. Ob im Falle der ultraschallgesteuerten Blockade des axillären Plexus brachialis die Lokalanästhetika ebenfalls reduziert werden könnten, wird derzeit postuliert, muss jedoch in weiteren Untersuchungen noch überprüft werden.

Die oben beschriebene sonographische Vorgehensweise gilt mittlerweile an unserer Klinik als integraler Bestandteil eines standardisierten Ablaufes im Bereich der Handchirurgie, insbesondere in der ambulanten Versorgung, wo ein optimales, schnelles und sicheres Vorgehen von allen beteiligten Disziplinen verlangt wird. Diesen Bedingungen kann die dargestellte Vorgehensweise anhand des Ultraschalls in allen Belangen gerecht werden.

Sowohl Blockadeerfolg als auch Zeit und eventuelle Komplikation müssen jedoch in weiteren prospektiven Studien untersucht werden. Insgesamt betrachtet, stellt die ultraschallgesteuerte Blockade des axillären Plexus brachialis im Rahmen von handchirurgischen Interventionen sicherlich eine interessante Option für den Anästhesisten dar.

Fazit

- Die ultraschallgesteuerte Blockade des axillären Plexus brachialis ist durch eine hohe Trefferquote (ca. 97%) gekennzeichnet.
- Aufgrund der direkten „Real-time“-Darstellung der Punktionvorgänge ist eine geringe Traumatisierung des Gewebes prinzipiell möglich. Dies scheint eine hohe Patientenzufriedenheit zur Folge zu haben.
- Durch die schnelle Anschlagszeit der Blockade können wahrscheinlich die Abläufe im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren akzeleriert werden, da Wartezeiten seitens des Operateurs vermindert werden können und OP-Kapazitäten eher ausgelastet werden könnten.
- Die vorgestellte ultraschallgesteuerte Blockade des axillären Plexus brachialis ist eine ernst zu nehmende Alternative zur Allgemeinanästhesie im Rahmen der Handchirurgie.

Literatur

- 1 Büttner J: Nervenblockaden an den oberen Extremitäten. In: Niesel HC, van Aken H (Hrsg): Regionalanästhesie, Lokalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2002: 281 – 287
- 2 Grau T, Conradi R, Martin E, Motsch J: Ultraschall und Regionalanästhesie. Teil III: Ultraschall und neuroaxiale Regionalanästhesie. *Anästhesist* 2003; 52: 68 – 73
- 3 Kapral S, Marhofer P: Ultraschall in der Regionalanästhesie. Teil II: Ultraschallunterstützte Blockaden der peripheren Nervenbahnen. *Anästhesist* 2002; 51: 1006 – 1014
- 4 Kapral S, Marhofer P, Grau T: Ultraschall in der Regionalanästhesie. Teil I: Technische Entwicklungen und Grundlagen. *Anästhesist* 2002; 50: 931 – 937
- 5 Kefalianakis F: Ultraschall zur Blockade peripherer Nerven. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2005; 40: 142 – 149
- 6 Marhofer P, Greher M, Kapral S: Ultrasound guidance in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2005; 94: 7 – 17