

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. Norbert Roewer

**Die interskalenäre Plexusblockade:
Prospektive Qualitätsanalyse zum Vergleich
der Sonografie und der Elektrostimulation**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Christine Maatsch

aus Neumarkt i.d.OPf.

Würzburg, Januar 2009

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Ulrich Schwemmer

Koreferent: Prof. Dr. med. Norbert Roewer

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 24.06.2009

Die Promovendin ist Ärztin.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1.	Grundlagen peripherer Nervenblockaden	1
1.1.1.	Aufbau und Physiologie peripherer Nerven	2
1.1.2.	Pharmakologie und Wirkungsweise der Lokalanästhetika	3
1.2.	Plexus brachialis Blockade	4
1.2.1.	Anatomie des Plexus brachialis	4
1.2.2.	Historische Entwicklung der Plexus brachialis Blockade	5
1.2.3.	Interskalenäre Plexusblockade	7
1.2.4.	Verfahren der Nervenlokalisierung	10
1.3.	Zielsetzung	11
1.4.	Fragestellung	11
2.	Material und Methoden	12
2.1.	Studiendesign	12
2.2.	Patienten	13
2.3.	Geräte	13
2.4.	Medikamente	15
2.5.	ISB-Anlage	16
2.5.1.	Vorbereitung der ISB-Anlage	16
2.5.2.	Durchführung der ISB-Anlage mit elektrischer Nervenstimulation	16
2.5.3.	Durchführung der ISB-Anlage unter sonografischer Kontrolle	18
2.5.4.	Durchführung der ISB-Anlage mit elektrischer Nervenstimulation und unter sonografischer Kontrolle	19

2.5.5.	Nach der ISB-Anlage	19
2.6.	Methoden	20
2.6.1.	Auswertung von Daten aus dem Anästhesieprotokoll	20
2.6.1.1.	Vergleichbarkeit der Gruppen	20
2.6.1.2.	Durchführung der Nervenblockade	21
2.6.1.3.	Effektivität der Nervenblockade	21
2.6.2.	Patientenbefragung	24
2.7.	Statistik	26
3.	Ergebnisse	28
3.1.	Vergleichbarkeit der Gruppen	28
3.2.	Durchführung der Nervenblockade	29
3.3.	Effektivität der Nervenblockade	30
3.3.1.	Blockadeerfolg	30
3.3.2.	Schmerzintensität bei Operationsende und bei Entlassung aus dem Aufwachraum	31
3.3.3.	Zeitdauer bis zur ersten Schmerzmedikation	32
3.3.4.	Art der ersten Schmerzmedikation	33
3.3.5.	Aufenthaltszeit im Aufwachraum	34
3.3.6.	Wirkdauer der Nervenblockade	35
3.4.	Patientenbefragung	36
3.4.1.	Schmerzen bei Durchführung der Nervenblockade	36
3.4.2.	Missempfindungen bei Durchführung der Nervenblockade	37
3.4.3.	Kraftlosigkeit, Empfindsamkeit oder Gefühllosigkeit nach Abklingen der Nervenblockade	38

3.4.4.	Atemprobleme nach der Nervenblockade	39
3.4.5.	Patientenzufriedenheit	40
3.4.6.	Anmerkungen der Patienten	40
4.	Diskussion	41
4.1.	Diskussion der eigenen Ergebnisse im Vergleich mit anderen Studien	42
4.1.1.	Durchführung der Nervenblockade	42
4.1.2.	Effektivität der Nervenblockade	43
4.1.3.	Patientenbefragung	47
4.2.	Diskussion der Fehlermöglichkeiten	51
5.	Zusammenfassung	54
6.	Literaturverzeichnis	56
7.	Anlagen	62
7.1.	Aufklärungsbogen - Einverständniserklärung	62
7.2.	Patientenfragebogen ISB	63
7.3.	Auswertebogen ISB	64

Danksagung

Lebenslauf

1. Einleitung

Da Patienten nach Operationen im Schulterbereich häufig unter intensiven Schmerzen leiden, hat sich hier die Kombination einer Regionalanästhesie mit einer flachen Allgemeinanästhesie bewährt.(48) In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass durch die interskalenäre Blockade eine sehr gute postoperative Analgesie erreicht wurde bei guter Akzeptanz und einer geringen Komplikationsrate.(6,7) In dieser Untersuchung wurden zwei verschiedene Verfahren zur Durchführung der interskalenären Plexus brachialis Blockade miteinander verglichen. In der ersten Gruppe wurde die Technik der Nervenstimulation und in der zweiten Gruppe das ultraschallgestützte Verfahren zum Auffinden der zu anästhesierenden Nervenstrukturen angewendet. In der dritten Patientengruppe wurden diese beiden Methoden kombiniert. Der Vergleich erfolgte hinsichtlich des Zeitaufwandes für die Durchführung, der Erfolgsrate, der Effektivität, der Nebenwirkungen und der Patientenzufriedenheit mit der Nervenblockade.

1.1. Grundlagen peripherer Nervenblockaden

Zur Durchführung einer peripheren Nervenblockade wird ein Lokalanästhetikum in die unmittelbare Nähe eines einzelnen Nerven, eines Nervenstammes oder eines Nervengeflechts injiziert. Nach der Diffusion des Lokalanästhetikums über die Membran in das Innere der Nervenzelle bindet es an spezifische Rezeptorstrukturen. Dies sind in die Membran eingebaute spannungskontrollierte Natriumkanäle, durch deren Öffnen und Schließen Ionenströme fließen, die das Auslösen und Fortleiten von Aktionspotentialen ermöglichen. Durch Bindung des Lokalanästhetikums werden die Kanäle blockiert. Bei steigender Konzentration kommt es daher zunächst zu einer Verminderung der Erregungsleitungsgeschwindigkeit und ab einer bestimmten Konzentration zur kompletten Blockade der Informationsübertragung. Diese Leitungsunterbrechung führt zu einer lokal umschriebenen Anästhesie der distal

des Injektionsortes gelegenen Nervenstrukturen. Durch Wegdiffusion des Lokalanästhetikums ist diese Wirkung reversibel.

1.1.1. Aufbau und Physiologie peripherer Nerven

Periphere Nerven sind gemischte Nerven, die aus motorischen und sensorischen Nervenfasern aufgebaut sind und von Bindegewebshüllen umgeben werden. Die einzelnen Fasern bestehen aus Axonen mit umgebender Nervenmembran, die aus einer Lipid-Doppelschicht aufgebaut ist. In die Membran sind Proteinkomplexe eingebaut, die für bestimmte Ionen spezifische Kanäle bilden, welche spannungsabhängig offen, geschlossen oder inaktiviert sind. Im Ruhezustand besteht ein hauptsächlich durch die Kaliumpermeabilität aufrechterhaltenes Ruhepotential von etwa -90mV . Kommt es durch einen Reiz, beispielsweise eine elektrische Nervenstimulation, zu einer Depolarisation um $20\text{-}30\text{mV}$ bis zum Schwellenpotential, öffnen sich abrupt zahlreiche Natriumkanäle und es strömen Natriumionen entlang des Konzentrationsgradienten in das Innere der Nervenzelle. Dieser Vorgang wird als Aktionspotential bezeichnet. Die Depolarisation führt zu einer Potentialdifferenz zwischen erregter und benachbarter Zellmembran, die durch Stromfluss ausgeglichen wird. Wird die Schwelle im benachbarten Membranabschnitt erreicht, kommt es zu einer Fortleitung des Aktionspotentials. Man unterscheidet marklose Nervenfasern, bei denen der Stromfluss in die unmittelbare Nachbarschaft erfolgt, und Nervenfasern, deren Axon von einer aus Schwann-Zellen gebildeten Markscheide umhüllt ist. Diese myelinisierten Nervenfasern leiten die elektrische Erregung schneller als marklose Fasern, da der Stromfluss nur zwischen den intermittierenden marklosen Abschnitten erfolgt. Ein größerer Faserdurchmesser bedeutet jeweils eine höhere Leitungsgeschwindigkeit. Die mit einer Geschwindigkeit von bis zu 120 m/s am schnellsten leitenden Fasern sind die markhaltigen $A\alpha$ -Fasern, die motorische Funktionen vermitteln. $A\beta$ -Fasern leiten Berührung und Druck, während die dünneren $A\delta$ -Fasern ebenso wie die marklosen C-Fasern

Schmerz- und Temperaturempfinden leiten. Bei diesen beträgt die Leitgeschwindigkeit nur 0,5 bis 2m/s.

Bei der peripheren elektrischen Nervenstimulation induzieren elektrische Impulse eine Depolarisation am gesuchten Nerven, sobald die Stimulationskanüle ausreichend an diesen angenähert wird. Diese Stimulation hat Muskelkontraktionen als Reaktion auf die Erregung motorischer Fasern zur Folge. Bei einer Stimulation sensibler Afferenzen werden Parästhesien ausgelöst.(4,26) Die einzelnen Fasertypen unterscheiden sich hinsichtlich der Chronaxie, das heißt der Zeitdauer, die ein elektrischer Impuls einwirken muss, um eine Depolarisation auszulösen. Zur Nervenlokalisierung wird eine Impulsbreite von 0,1ms verwendet, da hierdurch nur die motorischen Fasern gereizt werden und keine Stimulation der sensiblen und schmerzleitenden Fasern erfolgt.(37) Einige Studien zeigen, dass die Induktion von Parästhesien außerdem durch langsames Annähern an den Nerven ohne direkten Nadel-Nerv-Kontakt (4,26) sowie durch die Verwendung niedriger Stromstärken (26) vermieden werden kann.

1.1.2. Pharmakologie und Wirkungsweise der Lokalanästhetika

Nach ihrer chemischen Struktur unterteilt man Lokalanästhetika in Aminoester, wie Procain oder Kokain, und Aminoamide, wie beispielsweise Lidocain, Bupivacain oder Ropivacain. Klinisch werden fast ausschließlich die Aminoamide angewendet. Die Wirkstärke, die Schnelligkeit des Wirkungseintritts und die Wirkdauer eines Lokalanästhetikums sind abhängig von der Lipidlöslichkeit, dem Ionisationsgrad und der Proteinbindung. Eine hohe Lipidlöslichkeit und Proteinbindung führen zu einer verzögerten Anschlagzeit mit einer verlängerten Wirkungsdauer und verstärkter anästhetischer Potenz, während eine niedrigere Lipophilie und Proteinbindung einen schnelleren Wirkungseintritt bei kürzerer Wirkungsdauer und verminderter Wirksamkeit bedingen. Die nicht ionisierte basische lipophile Form des Lokalanästhetikums diffundiert über die Lipidschicht der Nervenmembran in das Innere der

Nervenzelle und dissoziiert auf der Innenseite in die geladene kationische Form, die dort an den Natriumkanal bindet und diesen blockiert. Durch diese reversible Blockade der spannungsabhängigen Natriumkanäle wird die Bildung und Weiterleitung von Aktionspotentialen in den Nervenfasern behindert und damit eine anästhesierende Wirkung distal des Injektionsortes erreicht.

1.2. Plexus brachialis Blockade

1.2.1. Anatomie des Plexus brachialis

Der Plexus brachialis setzt sich zusammen aus den Vorderwurzeln der Spinalnerven C5 bis Th1 sowie gelegentlich auch aus Anteilen von C4 und Th2. Nach dem Austritt aus dem Spinalkanal durch die Sulci nervi spinales vereinigen sich die Wurzeln zu drei Stämmen, wobei sich der Truncus superior aus Anteilen von C5 und C6 zusammensetzt, der Truncus medius aus der Wurzel von C7 hervorgeht und der Truncus inferior von den Wurzeln C8 und Th1 gebildet wird. Diese drei übereinanderliegenden Nervenstämme treten gemeinsam mit der A.subclavia durch die Skalenuslücke zwischen vorderem und mittlerem Skalenusmuskel im lateralen Halsdreieck aus. Die Trunci spalten sich knapp oberhalb der Klavikula in einen vorderen und einen hinteren Anteil und münden hinter dem mittleren Drittel der Klavikula in die Axilla, wobei sich die Fasciculi posterior, medius und lateralis formieren. Diese Faszikel bilden den infraklavikulären Teil des Plexus brachialis, aus dem die peripheren Nerven für die obere Extremität hervorgehen: N.radialis, N.medianus, N.ulnaris, N.musculocutaneus, N.axillaris, N.cutaneus antebrachii medialis und N.cutaneus brachii medialis. Im Verlauf durch die Skalenuslücke ist der Plexus brachialis zusammen mit der A.subclavia von einer bindegewebigen Hülle umschlossen. Diese Gefäß-Nerven-Scheide ist von Septen durchzogen und erstreckt sich bis in die Axilla.(38)

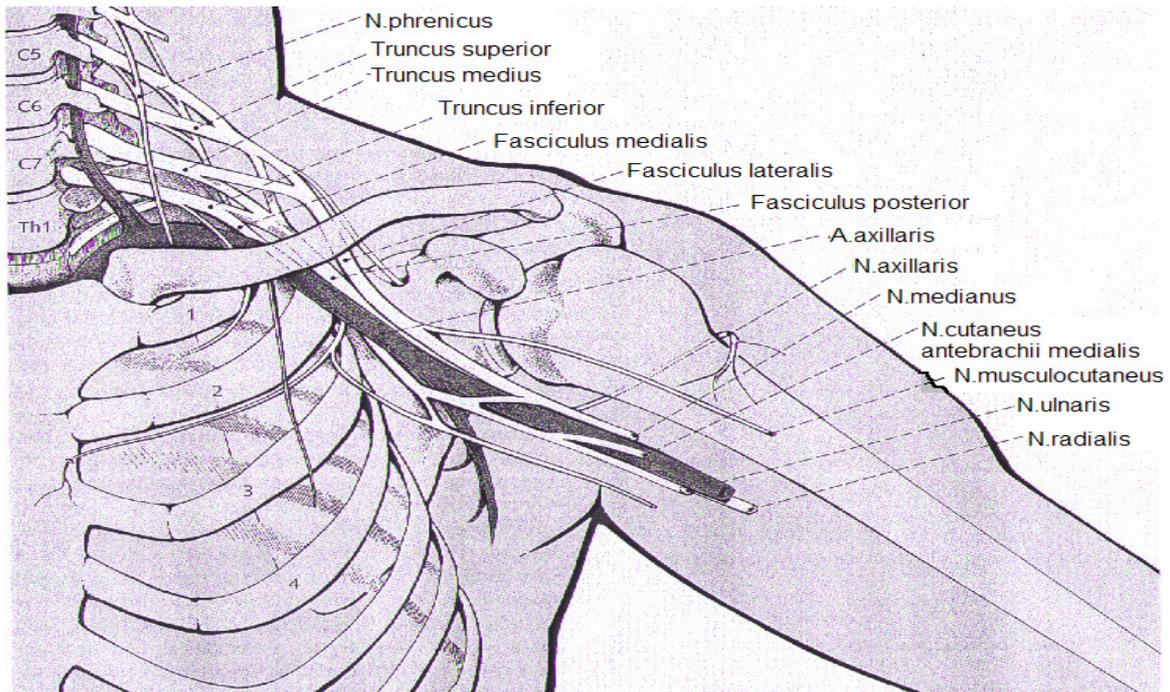


Abb.1: Anatomie des Plexus brachialis, aus: Larsen R: Anästhesie (32)

1.2.2. Historische Entwicklung der Plexus brachialis Blockade

Die erste perkutane Lokalanästhesie des Plexus brachialis wurde 1911 von Hirschel über den axillären (24) und von Kulenkampf über den supra- und infraklavikulären Zugangsweg (31) beschrieben. Der Plexus brachialis wurde über Parästhesien, die durch den Kontakt der Nadelspitze mit dem Nerv ausgelöst wurden, identifiziert. Dazu war die Mitwirkung des Patienten erforderlich. Die Technik der elektrischen Nervenreizung zur objektiveren Detektierung des Plexus brachialis und anderer Nerven wurde erstmals 1912 von Perthes entdeckt und klinisch angewendet, geriet jedoch wegen des hohen technischen Aufwandes zunächst wieder in Vergessenheit.(41) Die Entdeckung des Widerstandsverlustes beim Durchdringen der bindegewebigen Gefäß-Nerven-Scheide, die den Plexus brachialis in der Axilla umgibt, durch Burnham 1958 führte zur Weiterentwicklung der axillären Plexusblockade, da auf das Auslösen von Parästhesien und die Verwendung eines Nervenstimulators verzichtet werden konnte.(8) Für die supra- und infraklavikulären Zugangswege galt jedoch bis in die 50er Jahre weiterhin der von Moore geprägte Leitsatz „no

paresthesia - no anesthesia“.(36) Das Auftreten von Parästhesien wurde als notwendige Voraussetzung zur Durchführung einer Lokalanästhesie gefordert. Gleichzeitig begann die Weiterentwicklung der Nervenstimulationsgeräte, die durch moderne Technik immer handlicher, leichter bedienbar und genauer einstellbar wurden.(21,25) Nachdem in mehreren Untersuchungen nachgewiesen werden konnte, dass das Auslösen von Parästhesien häufig Nervenschädigungen verursacht (36,52), hat sich in den letzten 30 Jahren die Verwendung eines Nervenstimulators zur Anlage von Plexusblockaden durchgesetzt. Bei Annäherung an den Nerven werden durch elektrische Reize Muskelkontraktionen ausgelöst, wobei auf das Hervorrufen von Parästhesien durch direkten Kontakt zum Nerven verzichtet werden kann. Neben der sogenannten „Single-Shot-Technik“ wurde erstmals 1946 eine kontinuierliche Nervenblockade beschrieben.(2) Seit 1977 etablierte sich die Verwendung der Kathetertechnik zur postoperativen Schmerztherapie.(50) Die klassische, von Kulenkampff beschriebene, supraklavikuläre Blockade wird heute nur noch selten durchgeführt wegen der relativen Häufigkeit eines Pneumothorax. Auch die von Winnie und Collins modifizierte supraklavikuläre perivaskuläre Technik beinhaltet trotz geringerer Wahrscheinlichkeit das Risiko eines Pneumothorax. Klinisch relevant sind heute der axilläre Plexusblock nach De Jong (12), die vertikal-infraklavikuläre Blockade nach Kilka (29) und der interskalenäre Zugangsweg nach Meier (34) zum Plexus brachialis.

Die axilläre Blockade ist aufgrund der leicht zu identifizierenden A.axillaris als Leitstruktur technisch einfach durchführbar und risikoarm und daher am weitesten verbreitet. Die Technik erfasst den N.medianus, den N.radialis und den N.ulnaris, während der N.musculocutaneus gesondert blockiert werden muss. Sie wird bei Operationen am Ellenbogen, am Unterarm und an der Hand durchgeführt.

Bei der vertikal-infraklavikulären Plexusblockade befindet sich der Punktionsort zwischen den Leitpunkten Fossa jugularis und ventraler Akromionfortsatz. Bei lotrechter Punktionsrichtung wird das Risiko eines Pneumothorax oder einer Verletzung der A. oder V.subclavia minimiert. Bei dieser Blockade werden der

N.musculocutaneus und der N.axillaris mitbetäubt. Daher ist diese Methode auch für Eingriffe am distalen Oberarm indiziert.

Nur die im folgenden Abschnitt genauer erläuterte interskalenäre Plexusanästhesie eignet sich aufgrund der zusätzlichen Anästhesierung des N.suprascapularis für operative Eingriffe an der Schulter, der Klavikula und am proximalen Oberarm sowie zur Schmerztherapie in diesem Bereich.

1.2.3. Interskalenäre Plexusblockade

Dieser Zugangsweg wurde erstmalig 1970 von Winnie beschrieben.(64) Die Einstichstelle liegt zwischen den Mm. scaleni anterior und medius in Höhe des Ringknorpels gegenüber des Querfortsatzes des 6.Halswirbels. Die Stichrichtung verläuft senkrecht zur Haut. Bei dieser Technik kann es zu schwerwiegenden Komplikationen kommen, wie etwa zu einer intravasalen Injektion des Lokalanästhetikums in die A.vertebralis, einer Spinal-, oder Periduralanästhesie sowie zur Entstehung eines Pneumothorax.

Deshalb wird heute im deutschsprachigen Raum die 1997 von Meier modifizierte Technik angewendet, bei der die Punktionsstelle weiter kranial liegt und die Injektionsnadel in einem Winkel von 30° zur Hautoberfläche, dem Verlauf der Skalenuislücke folgend, vorgeschoben wird.(34) Durch diese Technik können die oben erwähnten Komplikationen vermieden werden, und es bietet sich infolge der zu den Nerven parallel ausgerichteten Stichrichtung auch die Möglichkeit einer kontinuierlichen Blockade durch das Einbringen eines Katheters. Bedingt durch anatomische Gegebenheiten ergeben sich dennoch folgende spezifische Nebenwirkungen der interskalenären Blockade.

In unmittelbarer Nähe des Nervengeflechts des Plexus brachialis liegt auf dem Muskelbauch des M.scalenus anterior der N.phrenicus. Es konnte festgestellt werden, dass bei interskalenären Blockaden in bis zu 100% der Fälle eine ipsilaterale Phrenikusparese mit Einschränkung der Zwerchfellbeweglichkeit auftrat.(18,45,61) Klinische Auswirkungen in Form von Dyspnoe traten bei der modifizierten Technik nach Meier allerdings nur bei 7% auf (34) und wurden

auch in anderen Studien nur zu 6% (48), 10% (7) und 15% (14) angegeben. Kontraindikationen für die interskalenäre Blockade stellen daher ein kontralateraler Zwerchfellhochstand sowie eine eingeschränkte Lungenfunktion dar.

Auch kann es durch eine Blockade des ipsilateralen N.recurrens zu passagerer Heiserkeit kommen. Da eine kontralaterale Rekurrensparese ein akutes Atemnotsyndrom auslösen kann, gilt diese als Kontraindikation für interskalenäre Blockaden.(28)

Durch Diffusion des Lokalanästhetikums kann das in unmittelbarer Nachbarschaft liegende Ganglion stellatum, eine Verschmelzung des letzten cervikalen mit dem ersten thorakalen Ganglion des sympathischen Grenzstranges, blockiert und ein passageres Horner-Syndrom mit Miosis, Ptosis und Enophthalmus ausgelöst werden. In der Literatur schwanken die Häufigkeitsangaben von 13% bei der Anlage eines interskalenären Plexuskatheters nach Meier (34) bis zu 75% bei den von Vester-Andersen et al. untersuchten interskalenären Blockaden.(62)

Über die Blockadewirkung hinaus anhaltende neurologische Defizite, die auf iatrogene Nervenirritationen beziehungsweise -läsionen hinweisen, werden in der Literatur mit unterschiedlichen Häufigkeiten angegeben.(3,5,9,48,60) Bei Urban et al. gaben 9% der Patienten am ersten postoperativen Tag leichte Parästhesien an, nach 2 Wochen waren es nur noch 3% und nach 4 Wochen ein einziger Patient (0,38%).(60) Borgeat et al. beschreiben ein neurologisches Defizit bei 14% der Patienten nach 10 Tagen, 7,9% nach einem Monat, 3,9% nach 3 Monaten, 0,9% nach 6 Monaten und 0,2% nach 9 Monaten.(5) Die in einer Untersuchung von Bishop et al. bei 2,3% der Patienten aufgetretenen neurologischen Komplikationen bildeten sich nach durchschnittlich 9 Wochen komplett zurück, und nur bei einem Patienten kam es zu keiner vollständigen Remission.(3) Bei Schwemmer et al. wurden nach ultraschallgesteuerter ISB-Anlage neurologische Irritationen bei 6% der Patienten dokumentiert mit einer Rückbildung innerhalb von 3 Tagen in allen Fällen.(48) In einer Studie von Casati et al. wurden eine Woche nach der Operation keine neurologischen Defizite mehr angegeben.(9) W. Funk et al. beschreiben in einem Fallbericht ein

langanhaltendes neurologisches Defizit nach interskalenärer Plexus brachialis Blockade, das nach eineinhalb Jahren komplett reversibel war.(19) Über einen auch nach 2 Jahren persistierenden kompletten motorischen Funktionsverlust der oberen Extremität sowie einen Sensibilitätsverlust im Versorgungsbereich C5 bis C7 nach Bankart-Schulteroperation unter Allgemeinanästhesie und interskalenärer Blockade berichten Dullenkopf et al.(15) In beiden Kasuistiken ist ein Kausalzusammenhang des neurologischen Defizits mit der Plexusanästhesie nicht nachgewiesen und wird als unwahrscheinlich bezeichnet.

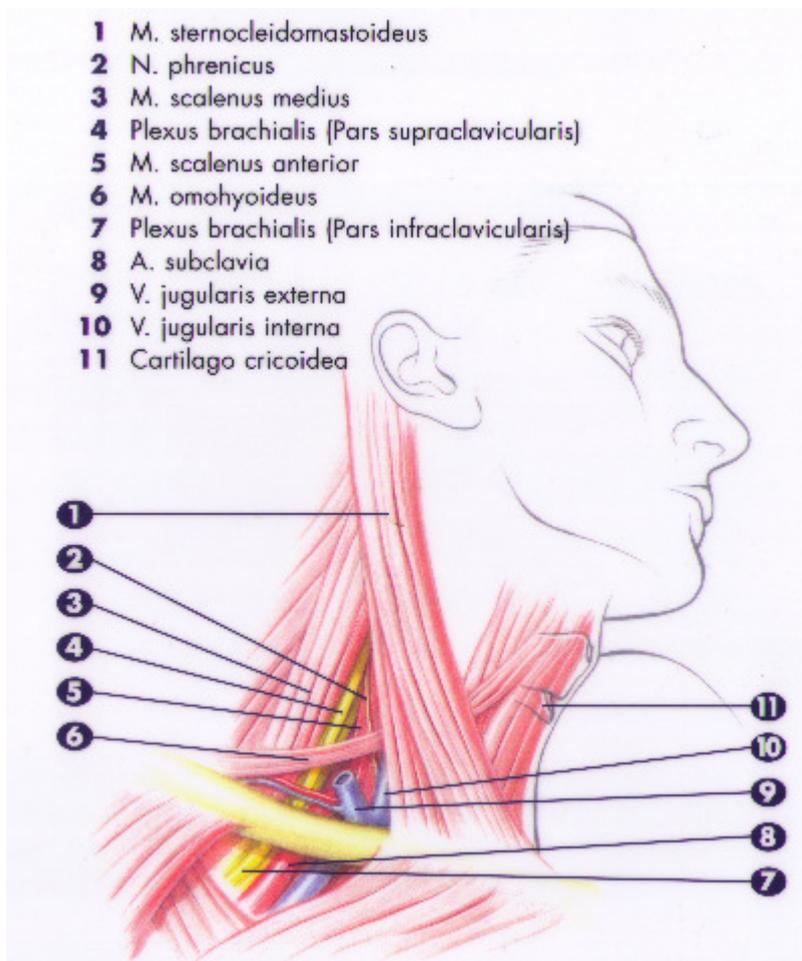


Abb.2: Anatomie der interskalenären Region, aus: Astra Zeneca Informationsblatt, Meier G, Büttner J: Interskalenäre Plexusblockade(67)

1.2.4. Verfahren der Nervenlokalisierung

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Nervenstimulation als Standardverfahren zur Identifikation der Nerven des Plexus brachialis etabliert. Die Auslösung von Muskelkontraktionen durch einen elektrischen Reiz gibt im Gegensatz zum Hervorrufen von Parästhesien auch ohne die Mitwirkung des Patienten Auskunft über die Position der Kanüle. Allerdings besteht weiterhin die Gefahr eines Pneumothorax, einer intravasalen Injektion, einer Phrenikus- oder Rekurrensparese, einer Irritation des zervikothorakalen Grenzstrangganglions oder eines anhaltenden neurologischen Defizits durch direkten Nadel-Nerv-Kontakt. Das Auftreten dieser Komplikationen ist abhängig vom Zugangsweg, den technischen Gegebenheiten und der Erfahrung des Anästhesisten. In der Literatur werden unterschiedliche Häufigkeiten angegeben.(3,5,7,9,14,18,34,36,45,52,60,61,62) Die Weiterentwicklung der Nervenstimulationsgeräte mit der Möglichkeit zur exakten Einstellung von Impulsdauer, Frequenz und Stromstärke sowie die Modifikation der Zugangswege haben die Sicherheit dieser Methode erhöht. Dennoch ermöglicht dieses Verfahren nur eine indirekte Lokalisation des Plexus brachialis ohne die direkte Visualisierung des Zielpunktes und der umgebenden anatomischen Strukturen.

Um diese sichtbar machen zu können, wird seit einigen Jahren verstärkt der Einsatz portabler Ultraschallgeräte zur Lokalisation der Nerven in der Regionalanästhesie genutzt. Neben den zu anästhesierenden Nerven und umgebenden Strukturen wird unter Ultraschallsicht auch die Position der Kanüle und die Verteilung des Lokalanästhetikums dargestellt. Die Darstellung von Nerven mithilfe des Ultraschalls wurde erstmals 1988 von Fornage untersucht (17), während Silvestri 1995 die sonografische Differenzierung zwischen Nerven und Sehnen aufgrund ihres histologischen Aufbaus beschrieb.(55) Es folgten weitere Untersuchungen zur Visualisierung der anatomischen Strukturen der verschiedenen Zugangswege zum Plexus brachialis mittels Ultraschall.(7,11,22,39,40,53,66) Daneben wurde in klinischen Studien die

Effektivität und Sicherheit sonografisch gesteuerter supraklavikulärer (27,63), infraklavikulärer (39) und interskalenärer (48) Plexusblockaden untersucht.

1.3. Zielsetzung

Zur Anlage interskalenärer Blockaden unter sonografischer Sicht existieren bisher nur wenige Studien. Eine Arbeitsgruppe untersuchte die Möglichkeiten und Risiken der ultraschallgeführten Interskalenusblockade anhand eines kleinen Patientenkollektivs. Es wurde gezeigt, dass dieses Verfahren eine hohe Effizienz und im Vergleich zur Nervenstimulation eine größere Sicherheit hinsichtlich neurologischer Komplikationen bietet.(48)

Um zur weiteren Etablierung der sonogesteuerten Durchführung interskalenärer Blockaden beizutragen, wurde in dieser Studie eine große Patientenzahl untersucht. Die Nervenblockaden wurden bei einer Gruppe mithilfe der Nervenstimulation, bei der zweiten Gruppe unter Ultraschallsicht und bei einem weiteren Teil mit einer Kombination beider Verfahren durchgeführt. Die folgenden Fragestellungen wurden formuliert, um erstmals die beiden Methoden hinsichtlich wichtiger Aspekte, wie Durchführung, Effektivität und Nebenwirkungen, innerhalb einer Untersuchung direkt zu vergleichen. Daneben stand auch die Patientenzufriedenheit im Zentrum der Betrachtung. Die gewonnenen Ergebnisse können zur Etablierung und Weiterentwicklung der Nutzung der Sonografie bei der Anlage von interskalenären Blockaden führen.

1.4. Fragestellung

Gibt es Unterschiede hinsichtlich des Zeitaufwandes für die Durchführung der interskalenären Nervenblockade?

Bestehen Unterschiede in der Erfolgsrate und der Effektivität der Nervenblockade, gemessen an der Schmerzintensität bei Ende der Operation und bei Entlassung aus dem Aufwachraum, der Zeitdauer bis zur ersten Schmerzmedikation, der Art der ersten Schmerzmedikation, der Aufenthaltszeit im Aufwachraum und der Wirkdauer bis zum Abklingen der Blockade?

Unterscheiden sich die beiden Methoden hinsichtlich der Nebenwirkungen Atemprobleme und neurologische Störungen nach Abklingen der Blockade?

Bestehen Unterschiede in der Patientenzufriedenheit?

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Die klinische Studie wurde prospektiv angelegt. Studienteilnehmer waren konsekutiv alle Patienten, die sich während des Untersuchungszeitraumes einer Operation im Schulterbereich unterzogen. Voraussetzung für den Studieneinschluss war die geplante Durchführung einer interskalenären Plexusblockade sowie die schriftliche Einverständniserklärung der Patienten zur Teilnahme an der Untersuchung. Die Blockaden wurden durch verschiedene Anästhesisten entweder mithilfe der Nervenstimulation oder ultraschallgesteuert durchgeführt. Die Zuteilung der Patienten zu den beiden Gruppen „Nervenstimulation“ und „Sonografie“ erfolgte zufällig, das heißt jeder Anästhesist wählte vor Anästhesiebeginn die Methode der ISB-Anlage selbstständig aus. Der dritten Gruppe „Nervenstimulation und Sonografie“ wurden die Patienten zugeordnet, bei denen bei Unsicherheiten mit der zunächst gewählten Methode zur Unterstützung zusätzlich die jeweils andere angewendet wurde.

2.2. Patienten

In diese klinische Studie eingeschlossen wurden 299 männliche und 201 weibliche Patienten im Alter von 16 bis 84 Jahren, die sich zwischen dem 01.06.2004 und dem 15.06.2005 einer Schulteroperation in der orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus in Würzburg unterzogen. Ausgeschlossen wurden Patienten unter 16 Jahren. Die Patienten wurden anhand ihres Gesundheitszustandes nach der in der Anästhesie gebräuchlichen ASA-Klassifikation, entsprechend der Empfehlung der American Society of Anesthesiologists, in Risikogruppen von I bis V eingeteilt. Zugelassen wurden nur Patienten der Klassen I = normaler, gesunder Patient, II = leichte Allgemeinerkrankung ohne Leistungseinschränkung und III = schwere Allgemeinerkrankung mit Leistungseinschränkung. Die 500 Eingriffe setzten sich zusammen aus 127 reinen Arthroskopien des Schultergelenks und 366 offenen - teilweise initial arthroskopischen - Operationen. Zum Teil wurde gleichzeitig ein ISB-Katheter angelegt. Bei 7 Patienten wurde eine alleinige ISB-Katheteranlage durchgeführt.

Bei Erfüllung der genannten Voraussetzungen wurden die Patienten im Rahmen der Prämedikationsvisite am Tag vor der Operation über die verschiedenen Methoden der Durchführung der interskalenären Plexusblockade informiert. Ein weiteres Kriterium für den Einschluss in die Studie war die schriftliche Einverständniserklärung der Patienten, die geplante Nervenblockade entweder herkömmlich durch Nervenstimulation oder nach der neueren Methode ultraschallgesteuert durchführen zu lassen. Gleichzeitig wurde durch Unterzeichnung des entsprechenden Formulars die Zustimmung der Patienten zur Übernahme und Auswertung von Daten aus dem Anästhesieprotokoll eingeholt. Der Vordruck befindet sich in der Anlage 1.

2.3. Geräte

Die interskalenären Blockaden wurden mit dem Nervenstimulator MultiStim VARIO (Fa. Pajunk®) durchgeführt. Als Stimulationsskanülen wurden single-

shot-Kanülen Uniplex der Fa. Pajunk® mit einem Durchmesser von 22G, einer Länge von 50mm und einer Sprötte-Spitze verwendet. Dabei handelt es sich um eine rotationssymmetrisch geschliffene und nicht schneidende atraumatische Kanülenspitze. Der Schaft ist isoliert und die Kanüle ist nur an der Spitze leitfähig, das heißt unipolar. Zur Herstellung eines Stromflusses wurde die Kanüle über ein fest integriertes Stromkabel mit dem Kathodenausgang des Nervenstimulators verbunden und eine Hautelektrode etwa 15 bis 20cm von der Punktionsstelle entfernt platziert und an die Anode angeschlossen. Die Impulsbreite des Nervenstimulators konnte schrittweise zwischen 0,1ms und 1ms gewählt werden bei einer einstellbaren Impulsfrequenz von 1Hz oder 2Hz. Die Amplitude war in 0,01mA-Schritten wählbar zwischen 0 und 5mA, wobei die tatsächlich fließende Stromstärke digital angezeigt wurde. An die Stimulationskanüle wurde eine Infusionsleitung angeschlossen, über die das Lokalanästhetikum injiziert werden konnte.

Für die ISB-Katheteranlagen wurden stärkere Kanülen mit einem Durchmesser von 19,5G verwendet, über die der Katheter vorgeschoben wurde (Plexolong Set nach Meier, Fa. Pajunk®).

Die sonografisch gesteuerten Blockaden wurden mit einem portablen Ultraschallgerät (SonoSite® 180+) mit linearem elektronische Schallkopf (38mm-Apertur) durchgeführt. Die Frequenz konnte zwischen 5 und 10MHz reguliert werden, wobei standardmäßig mit der Einstellung auf 10MHz gearbeitet wurde. Mit dieser Frequenz wird bei einer erwartungsgemäßen Punktionstiefe von 1 bis 3cm eine hohe Auflösung in diesem oberflächlichen Bereich und damit eine sehr gute Darstellung der hier liegenden relevanten Strukturen ermöglicht. Bei niedrigeren Frequenzen ist dagegen eine tiefer gehende Visualisierung bis zu 5cm ab Hautniveau möglich. Neben der Lokalisation der anatomischen Strukturen kann auch die Position der Plexuskanüle und die Verteilung des Lokalanästhetikums sichtbar gemacht werden. Durchgeführt wurde die Punktion ebenfalls mit einer atraumatischen Kanüle (unipolar Sprötte, 22G, 50mm der Fa. Pajunk®).



Abb.3: Nervenstimulator



Abb.4: portables Ultraschallgerät

2.4. Medikamente

Zur Prämedikation erhielten die Patienten etwa eine halbe Stunde vor Anästhesiebeginn 7,5mg Midazolam oral. Als Lokalanästhetikum zur Hautinfiltration wurden 1ml Mepivacain 1% verwendet.

Nach Auffinden des Plexus brachialis wurden 30ml des langwirksamen Aminoamidlokanästhetikums Ropivacain (Naropin®) 0,75% injiziert. Dieses 1996 in die Klinik eingeführte Lokalanästhetikum unterscheidet sich vom bereits länger gebräuchlichen Bupivacain hinsichtlich der geringeren Lipophilie, weist aber ein ähnliches Wirkspektrum auf.

Zur Narkoseeinleitung erfolgte nach der ISB-Anlage die intravenöse Gabe von Fentanyl und Propofol. Zur Muskelrelaxation wurde Rocuronium und zur Erhaltung der Allgemeinanästhesie das volatile Anästhetikum Sevofluran verwendet.

2.5. ISB-Anlage

2.5.1. Vorbereitung der ISB-Anlage

Etwa eine halbe Stunde vor Beginn der ISB-Anlage erfolgte die Prämedikation mit 7,5mg Midazolam oral. Im Einleitungsraum wurden die Patienten auf den Rücken gelagert und die Vitalfunktionen durch EKG, Blutdruckmessung und Pulsoxymetrie überwacht. Außerdem wurde ein peripherer Zugang auf der nicht zu operierenden Seite gelegt. Es folgte die Anlage der interskalenären Blockade mit der jeweiligen Technik.

2.5.2. Durchführung der ISB-Anlage mit elektrischer Nervenstimulation

Nach Überprüfung der Funktionsbereitschaft und der Kabelanschlüsse des Nervenstimulators wurde die Hautelektrode auf einem entfetteten Hautareal etwa 15 bis 20cm von der Punktionsstelle entfernt aufgebracht, wobei die genaue Lokalisation von untergeordneter Bedeutung war.(23) Der Patient wurde in Rückenlage mit zur Gegenseite gewandtem Kopf gelagert, der zu blockierende Arm war adduziert. Ausgehend vom Hinterrand des M.sternocleidomastoideus, der besonders gut bei Anheben des Kopfes identifiziert werden konnte, wurde nach lateral-dorsal die Skalenuslücke zwischen den Mm. scaleni anterior und medius palpiert. Die distale Begrenzung wurde durch die oberhalb des Schlüsselbeins tastbare A.subclavia markiert. Vereinfacht werden konnte die Palpation der Skalenuslücke durch tiefe Inspiration des Patienten. Nach Auffinden und Markierung der Punktionsstelle erfolgte die Hautdesinfektion und anschließend die Stichkanalinfiltration mit 1ml Mepivacain 1%. Nun wurde das Kabel der Stimulationskanüle mit der Kathode des Nervenstimulators verbunden, die Hautelektrode mit der Anode konnektiert und die Einstellungen vorgenommen: Impulsbreite 0,1ms und Frequenz 2Hz. Die Spritze mit dem Lokalanästhetikum wurde mit der Infusionsleitung der Kanüle verbunden. Nach oberflächlicher Stanzung der Haut mit einer 18G-

Kanüle erfolgte die Punktion mit einer isolierten atraumatischen Stimulationskanüle analog zur modifizierten Technik nach Meier (34) auf Höhe des 6.Halswirbels in einem Winkel von 30° zur Haut, wobei die Stichrichtung nach kaudal, dem Verlauf der Skalenuslücke folgend, auf das mittlere Drittel der Klavikula hin ausgerichtet war. Die Impulsamplitude wurde dabei auf 1mA eingestellt. Nach dem Vorschieben der Kanüle über 2,5 bis 5cm sowie einem fühlbaren Widerstandsverlust beim Durchdringen der prävertebralen Faszie war der Plexus brachialis erreicht, und es folgte die motorische Reizantwort durch den M.deltoideus oder den M.biceps brachii durch Stimulation des Truncus superior.(54) In einer Untersuchung von Tonidandel et. al konnte gezeigt werden, dass die motorische Antwort durch den Pektoralismuskel ebenfalls einen zufriedenstellenden Endpunkt für interskalenäre Blockaden darstellt.(59) Nun wurde die Nadel unter Reduktion der Impulsamplitude weiter an den Nerven angenähert. Die optimale Position war erreicht, wenn bei einer Amplitude von 0,3 bis 0,4mA noch Muskelreaktionen ausgelöst wurden.(37) Nach Ausschluss einer intravasalen Lage durch Aspiration wurden langsam 30ml des Lokalanästhetikums Ropivacain 0,75% gespritzt, wobei auf das Sistieren der Muskelkontraktionen geachtet wurde.

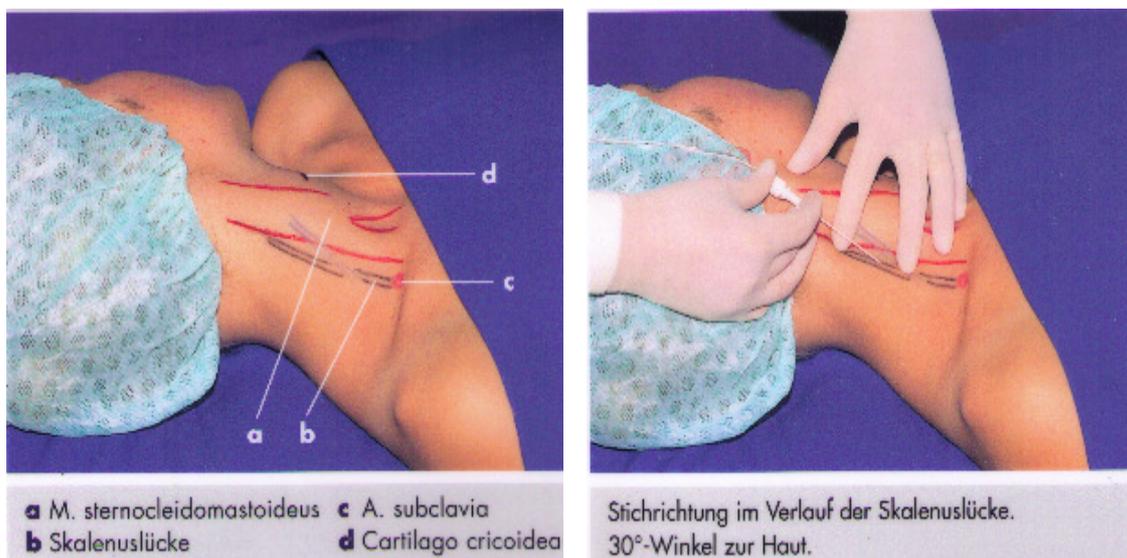


Abb.5/6: Landmarken zum Auffinden der Punktionsstelle und Stichrichtung bei der interskalenären Blockade nach der modifizierten Technik nach Meier, aus: Astra zeneca Informationsblatt, Meier G, Büttner J: Interskalenäre Plexusblockade(67)

2.5.3. Durchführung der ISB-Anlage unter sonografischer Kontrolle

Die Lagerung erfolgte analog zur Nervenstimulation. Nach der Hautdesinfektion wurde die Anatomie des Zielgebietes mit einem hochfrequenten Linearschallkopf (eingestellt auf 10MHz), der mit einem sterilen Handschuh überzogen war, sichtbar gemacht. Die Desinfektionslösung diente dabei als Kontaktmedium. In einer orientierenden Untersuchung wurden zunächst die Halsgefäße (A. carotis communis und V. jugularis interna) dargestellt. Auf Höhe des Kehlkopfes schließen sich lateral der M.sternocleidomastoideus und daneben der anteriore und der mediale Skalenusmuskel an. Muskeln zeigen im Ultraschallbild ein schwaches bis mittleres Echo und eine leicht marmorierete Struktur. Durch die von beiden Skalenusmuskeln gebildete Skalenuslücke verläuft der Plexus brachialis. Um diese nervalen Strukturen bestmöglich darzustellen, wurde der Schallkopf leicht nach kaudal gekippt, sodass er senkrecht zum Verlauf der Nerven auf die Haut aufgesetzt wurde. Die drei Trunci konnten nun im Querschnitt als annähernd echofreie kreisförmige Strukturen mit reflektierendem Randsaum sichtbar gemacht und weiter nach kaudal verfolgt werden. Es folgte die subkutane Infiltrationsanästhesie der optimalen Punktionsstelle mit 1ml Mepivacain 1%. Nach Stanzung der Haut mit einer Kanüle wurde die Punktionsnadel anschließend unter sonografischer Sicht nach der modifizierten Technik nach Meier (34) in Richtung Plexus brachialis vorgeschoben. Dabei stellte sich die Kanüle als stark reflektierende Struktur dar. Außerdem konnte die Position der Kanüle anhand der Gewebeverdrängung lokalisiert werden. War die Kanülenspitze am Nerven angelangt, wurden nach negativer Aspiration 30ml Ropivacain 0,75% appliziert. Hierbei kam das Lokalanästhetikum, das sich möglichst konzentrisch um den Nerv ausbreiten sollte, als echofreie Flüssigkeit zur Darstellung. Die Verteilung konnte somit gut visualisiert und kontrolliert werden, und bei Bedarf konnte die Position der Kanüle korrigiert werden.

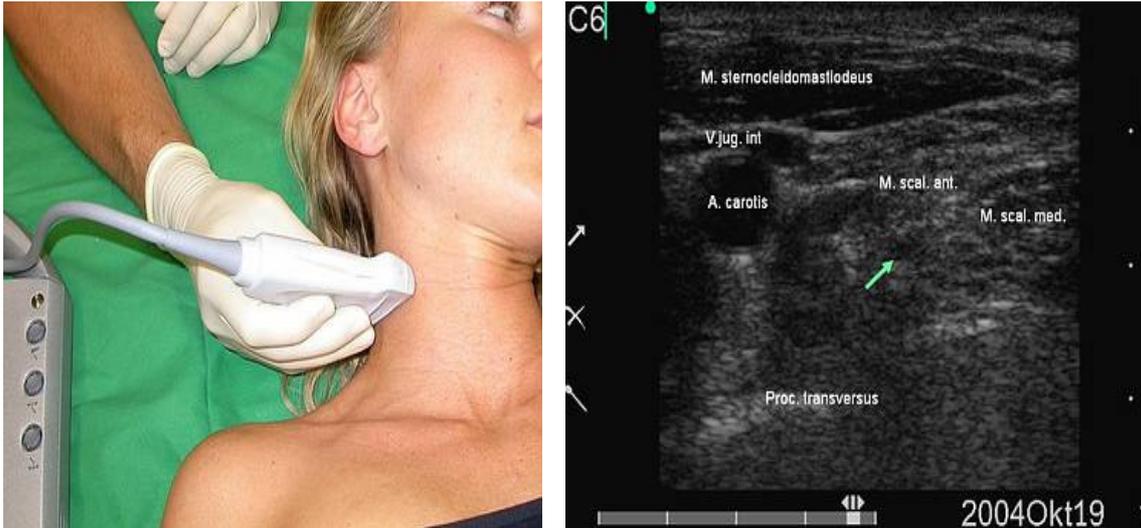


Abb.7/8: Auffinden der Punktionsstelle mit sonografischer Unterstützung und Darstellung der anatomischen Strukturen im Ultraschallbild auf Höhe des 6.Halswirbels, der Pfeil bezeichnet den Plexus brachialis, aus: Schwemmer U, Brederlau J, Azet H, Zimmermann P, Roewer N: Ultraschallverfahren zur Blockade des Plexus brachii (47)

2.5.4. Durchführung der ISB-Anlage mit elektrischer Nervenstimulation und unter sonografischer Kontrolle

In einigen Fällen führte die alleinige Anwendung der Nervenstimulation zunächst nicht zur eindeutigen Identifizierung der richtigen Injektionsstelle, sodass zur Unterstützung die sonografische Darstellung der nervalen Strukturen benutzt wurde. Andererseits wurde bei einigen Patienten der Nervenstimulator zu Hilfe genommen, wenn die Darstellung durch Ultraschall keine ausreichende Sicherheit hinsichtlich der optimalen Kanülenposition erbrachte.

2.5.5. Nach der ISB-Anlage

Unmittelbar nach erfolgter ISB-Anlage leitete der Anästhesist zusätzlich eine flache Allgemeinanästhesie mit Propofol und Fentanyl ein. Zur Muskelrelaxation wurde Rocuronium und zur Erhaltung der Anästhesie ein volatiles Anästhetikum wie Sevofluran verwendet.

2.6. Methoden

2.6.1. Auswertung von Daten aus dem Anästhesieprotokoll

Nach der Operation wurden aus dem Anästhesieprotokoll verschiedene Daten zuerst in einen Auswertebogen und anschließend in eine Excel[®]-Tabelle übertragen, bevor sie ausgewertet wurden. Zur späteren Zuordnung wurde die Nummer des Anästhesieprotokolls notiert und eine laufende interne Nummer vergeben. Ein Exemplar des Auswertebogens befindet sich in der Anlage 3.

2.6.1.1. Vergleichbarkeit der Gruppen

Für die Dokumentation wurden folgende Daten aus dem Anästhesieprotokoll übernommen: Initialen, Geschlecht, Geburtsdatum, Operationsdatum, Operationsart, ASA-Klassifikation, Technik der Blockadeanlage, Zeitpunkt des Anästhesiebeginns, der Anästhesiefreigabe, des Operationsbeginns, des Operationsendes und der Entlassung aus dem Aufwachraum, Zeitpunkt und Art der ersten Schmerzmedikation, VAS-Scores bei Operationsende und bei Entlassung aus dem Aufwachraum. Es wurde zwischen offener Operation, Arthroskopie und alleiniger ISB-Katheteranlage unterschieden. Zur Erfassung der Operationsdauer wurden die Zeitpunkte Beginn und Ende der Operation übertragen, wobei diese nur in 5-Minuten-Abständen angegeben wurden und daher keine minutengenaue Zeitdauer berechnet werden konnte. Die Zuteilung zu den drei verschiedenen Gruppen erfolgte nach der Methode der Blockadeanlage, die dem Anästhesieprotokoll entnommen wurde. Die Punktion wurde entweder sonografisch oder mittels elektrischer Nervenstimulation durchgeführt. Falls ein Verfahren alleine für die Detektion der Nerven ohne Erfolg war, wurden die beiden Verfahren kombiniert. Um die Vergleichbarkeit der Gruppen zu überprüfen, wurden die genannten Patientendaten, wie Alter, Geschlecht, ASA-Klassifikation sowie die Art und Dauer des Eingriffes auf eine unabhängige Verteilung hin untersucht.

2.6.1.2. Durchführung der Nervenblockade

Zum Vergleich der Gruppen hinsichtlich des Zeitaufwandes für die Durchführung der Nervenblockade wurde die Differenz zwischen den Zeitpunkten Anästhesiebeginn und Freigabe errechnet. Dieser Zeitraum umfasste neben der Dauer der ISB-Anlage auch die anschließende Einleitung der Allgemeinanästhesie, wobei für die Narkoseeinleitung standardmäßig immer die gleiche Zeit veranschlagt wurde. Daher konnten eventuelle Zeitunterschiede der Durchführung der Nervenblockade zugeordnet werden. Neben der Berechnung des durchschnittlichen Zeitaufwandes wurde auch die Anzahl der Patienten, bei denen dieser maximal 25 Minuten betrug, verglichen. Diese angestrebte Zeitspanne ergab sich ausgehend von einer Zeitdauer von durchschnittlich 5 Minuten (48) beziehungsweise $9,62 \pm 5,31$ Minuten (14) für die Anlage der interskalären Nervenblockade und 10 bis 15 Minuten für die Einleitung der Allgemeinanästhesie.

2.6.1.3. Effektivität der Nervenblockade

Zum Vergleich der Effektivität der verschiedenen Methoden der ISB-Anlage wurden zunächst die Erfolgsraten der Plexusblockaden untersucht. Als Blockadeversager wurden die Fälle gewertet, in denen die Patienten intraoperativ oder innerhalb von zwei Stunden nach Operationsende zusätzliche Opiate erhielten.

Ein Maß für die Effektivität der Nervenblockade waren die Schmerzangaben der Patienten zu den beiden Zeitpunkten Operationsende und Entlassung aus dem Aufwachraum. Als sensitives und einfach anzuwendendes Messinstrument zur Objektivierung der Schmerzstärke wurde die visuelle Analogskala verwendet. Der Patient wurde hierbei aufgefordert, auf einem Balken durch einen Strich zwischen den Endpunkten 0=“kein Schmerz“ und 10=“stärkster vorstellbarer Schmerz“ seine aktuelle Schmerzempfindung anzugeben. Die Schmerzintensität wurde abgelesen an der Länge der durch den Strich

markierten Strecke. Zum Vergleich der Gruppen hinsichtlich der Schmerzstärke wurde jeweils der Anteil der Patienten mit einem VAS-Score von 0 bis einschließlich 3 berechnet, da Leitlinien der postoperativen Schmerztherapie eine Behandlungsbedürftigkeit ab einem Wert über 3 definieren. Ein Schmerzniveau kleiner oder gleich 3 wird als geringfügig und nicht therapiebedürftig angesehen. Bei der Betrachtung der Schmerzscores bei Operationsende wurden die insgesamt 22 Patienten, die bereits intraoperativ Opiate erhalten hatten, aus der Statistik herausgenommen, um eine eventuell dadurch bedingte Verfälschung der Schmerzangaben zu vermeiden. Für den Vergleich der Schmerzangaben zum Zeitpunkt der Verlegung auf die Station wurden diese Patienten wieder eingeschlossen, um die Wirkung der Analgetikagabe im Aufwachraum zu untersuchen.

Als Maß für die Wirksamkeit der interskalenären Nervenblockaden wurde die Zeitdauer von der Anästhesiefreigabe bis zur ersten Schmerzmedikation in den verschiedenen Gruppen miteinander verglichen. Datum und Uhrzeit der Analgetikagabe wurden entweder aus der Patientenkurve auf der Station entnommen oder aus dem Anästhesieprotokoll in den Fällen, in denen die Patienten noch im Aufwachraum Schmerzmittel erhielten. Neben der Berechnung des Mittelwertes dieser wiederum in 5-Minuten-Schritten angegebenen Zeitdauern bis zur ersten Schmerzbehandlung wurde auch der Anteil der Patienten bestimmt, bei denen diese Zeitspanne mindestens 5 Stunden betrug. Für die Beurteilung der Dauer bis zur ersten Analgetikagabe wurden die als Blockadeversager definierten Fälle aus der Statistik ausgeschlossen.

Neben dem Zeitpunkt war auch die Substanzklasse der ersten analgetischen Medikation entscheidend, wobei drei Medikamentengruppen unterschieden wurden. Als stärkstes Analgetikum wurde das stark wirksame Opiat Piritramid gegeben. Das Nachspritzen von Lokalanästhetika über den interskalenären Katheter wurde ebenfalls in diese erste Kategorie eingeordnet. Patienten mit mittelstarken Schmerzen erhielten den Würzburger Schmerztröpfchen, bestehend aus dem schwachwirksamen Opioid Tramadol (300mg), dem Nichtopioidanalgetikum Metamizol (2,5mg) und dem Antiemetikum

Dimenhydrinat (62mg). Hierzu wurde auch die alleinige Gabe von Tilidin gerechnet. Zur dritten Gruppe für Patienten mit weniger starken Schmerzen wurden Nichtsteroidale Antirheumatika, Cox2-Hemmer und Metamizol gezählt. Die Dosierung des jeweiligen Analgetikums wurde in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

Die Dauer vom Ende der Operation bis zur Entlassung aus dem Aufwachraum wurde als Aufenthaltszeit im Aufwachraum postuliert und als weiterer Hinweis auf die Effektivität der Blockade ausgewertet, wobei die Zeitdauer wiederum nicht minutengenau, sondern in 5-Minuten-Intervallen angegeben wurde. Neben der durchschnittlichen Aufenthaltszeit wurde auch der Prozentsatz der Patienten verglichen, die den Aufwachraum nach maximal 2,5 Stunden, entsprechend 150 Minuten, verlassen konnten. Diese anzustrebende Obergrenze wurde angelehnt an eine Studie, in der ein durchschnittlicher Aufenthalt im Aufwachraum von 120 ± 73 Minuten nach Allgemeinanästhesie beziehungsweise 217 ± 202 Minuten nach Plexus brachialis Blockade gemessen wurde.(58) Eine andere Publikation zeigte eine Verminderung des durchschnittlichen Aufenthaltes nach Schulteroperationen durch zusätzliche interskalenäre Blockade gegenüber alleiniger Allgemeinanästhesie von 134 auf 86 Minuten.(7) Insgesamt 9 Patienten, die aus medizinischer Indikation oder wegen fehlender personeller Besetzung des Aufwachraumes direkt auf die Intensivstation verlegt wurden, wurden aus der statistischen Berechnung herausgenommen.

Schließlich wurde als Indikator für die Effektivität die Wirkdauer von der Anlage bis zum Abklingen der Nervenblockade bestimmt. Auf dem Fragebogen dokumentierten die Patienten das Datum und die Uhrzeit, bis zu der die interskalenäre Blockade angehalten hatte. Der Zeitraum von der Anästhesiefreigabe bis zu dieser Zeitangabe wurde als Wirkdauer der Blockade definiert. Neben der Berechnung der durchschnittlichen Wirkdauer wurde jeweils auch der Anteil der Patienten bestimmt, bei denen die Blockade erst nach mindestens 8 Stunden abgeklungen war. Diese angestrebte Zeitdauer orientiert sich an der Literatur, wo von einem Abklingen der interskalenären Blockaden nach etwa 7 Stunden (57), 10 bis 14 Stunden (48) beziehungsweise

12 bis 18 Stunden (20) gesprochen wird. Für die Untersuchung der Wirkdauer wurden die Patienten aus der Statistik ausgeschlossen, bei denen aufgrund einer zusätzlichen intraoperativen beziehungsweise innerhalb von 2 Stunden nach Operationsende erfolgten Opiatgabe von einem Versagen der Blockade ausgegangen werden musste.

2.6.2. Patientenbefragung

Als Messinstrument zur Erfassung der Patientenzufriedenheit im Rahmen des Qualitätsmanagements hat sich der Fragebogen etabliert. Es hat sich gezeigt, dass dieser höchstens ein bis zwei DIN A4 Seiten umfassen und möglichst einfach gehalten sein sollte.(68) Die Fragestellungen sollten verständlich, konkret und wertfrei formuliert sein ohne suggestiven Charakter, und der Fragentyp sollte variieren.(46,69) Es ist weiterhin darauf zu achten, dass die Fragen gut lesbar sind und die Beantwortung nicht zuviel Zeit in Anspruch nimmt. Im Rahmen des Aufklärungsgesprächs durch den Anästhesisten am Tag vor der Operation erhielten alle in die Studie eingeschlossenen Patienten den Fragebogen, den sie nach der Operation entweder selbstständig oder in den meisten Fällen gemeinsam mit dem Studienleiter ausfüllten. Beim persönlichen Interview ist zwar die Anonymität des Patienten nicht gewährleistet, jedoch ist eine größere Motivation, die Fragen gewissenhaft zu beantworten, wahrscheinlich.(68)

Der für diese Studie entwickelte Patientenfragebogen umfasst eine DIN A4 Seite mit 8 Fragen. Zum Einstieg wurde nach dem Datum der Operation gefragt. Die drei folgenden Fragen wurden nach der Reporting-Methode gestellt, das heißt es wurde zunächst eine dichotome Antwortmöglichkeit mit „Ja“ oder „Nein“ vorgegeben, wobei die Antwort „Ja“ eine zusätzliche offene Frage nach sich zog. Der Vorteil dieser Befragungsmethode ist die bestehende Möglichkeit, aus der Beantwortung der offenen Fragen aufschlussreiche Informationen zu erhalten.(65)

Gefragt wurde nach dem Auftreten von Schmerzen bei der Anlage der Nervenblockade, und auf die Antwort „Ja“ folgte die Frage nach dem Bereich, in dem die Schmerzen auftraten. Es wurde in den drei Gruppen jeweils der Anteil der Patienten bestimmt, der die Durchführung der ISB als schmerzhaft empfand und zusätzlich wurde die Häufigkeit der verschiedenen Schmerzlokalisierung gegenübergestellt. Die Angabe von Schmerzen während der Durchführung der interskalenären Blockade weist auf eine Nervenirritation hin.

Daran schloss sich die Frage an, ob der Patient bei der Blockadedurchführung ein Elektrizieren verspürt habe, und wenn ja in welchem Bereich. Bestimmt wurde wiederum in jeder der drei Gruppen der Patientenanteil, der bei der ISB-Anlage Parästhesien empfand als Hinweis auf einen zu engen Nadel-Nerv-Kontakt und die jeweilige Lokalisation dieser Missempfindungen.

Ebenfalls nach der Reporting-Methode gestellt, zielte die nächste Frage darauf ab, das Auftreten von neurologischen Ausfällen nach der Blockade in den drei Gruppen zu vergleichen. Es wurde nach einer länger bestehenden Kraftlosigkeit, Empfindsamkeit oder Gefühllosigkeit nach Abklingen der Nervenblockade sowie nach deren Lokalisation gefragt. Weiterhin wurde der Zeitraum bis zur Rückbildung des neurologischen Defizits in den drei Gruppen gegenübergestellt: innerhalb von 3 Tagen, einer Woche, 6 Monaten beziehungsweise das Zurückbleiben eines dauerhaften neurologischen Schadens.

Als nächstes wurde das Auftreten von Atemproblemen nach der Blockade, und bei Beantwortung mit „Ja“ zusätzlich die Seitenlokalisierung erfragt. Atembeschwerden können auf eine iatrogen ausgelöste Phrenikusparese hinweisen.

Weiterhin sollten Datum und Uhrzeit des Abklingens der Blockade angegeben werden. Durch Berechnung der Zeitdauer von der Anlage bis zum Wirken der interskalenären Blockade wurde die Wirkdauer untersucht und verglichen.

Zur Erfassung der globalen Patientenzufriedenheit folgte noch die Frage, ob sich der Patient im Falle der Notwendigkeit wieder dieser Nervenblockade unterziehen würde. Diese Frage ließ die Antwortmöglichkeiten „Ja“ oder „Nein“

zu. Es wurde der Anteil der zufriedenen Patienten in den drei Gruppen verglichen.

Zuletzt bestand noch die Möglichkeit für anderweitige Anmerkungen zu der Nervenblockade. Diese wurden innerhalb der Gruppen zusammengefasst und vergleichend dargestellt.

Der Fragebogen befindet sich in der Anlage 2.

2.7. Statistik

Die aus den Anästhesieprotokollen und den Patientenfragebögen gewonnenen Daten wurden zunächst in eine Excel[®]-Datei eingetragen und anschließend in das Berechnungsprogramm SPSS[®] für Windows übertragen, das zur statistischen Auswertung verwendet wurde. Die Grafiken wurden mit Microsoft Excel[®] beziehungsweise mit SPSS[®] erstellt. Zur Überprüfung der Vergleichbarkeit der drei Gruppen „Nervenstimulation“, „Sonografie“ und „Kombination beider Verfahren“ wurden folgende Tests durchgeführt.

Die gruppenunabhängige Verteilung des Geschlechts und der ASA-Klassifikation der Patienten sowie der Operationsart wurde mit dem Chi-Quadrat-Test überprüft. Die Unabhängigkeit des durchschnittlichen Patientenalters und der Mittelwerte der Operationsdauer wurde mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse getestet. Diese wurde auch angewendet beim Vergleich der Mittelwerte der metrischen Variablen „Aufwachraumzeit“ und „Blockadewirkdauer“.

Bei fehlender Homogenität der Varianzen wurden die Mittelwerte der ebenfalls metrischen Daten „Zeitaufwand für die Blockadeanlage“ und „Zeitdauer bis zur ersten Schmerzmedikation“ mithilfe des nichtparametrischen Kruskal-Wallis-Tests verglichen. Der Mann-Whitney-U-Test wurde im Anschluss angewendet, um bei signifikanten Unterschieden zwischen den drei Gruppen paarweise Vergleiche durchzuführen und jeweils die zweiseitige asymptotische Signifikanz zu bestimmen.

Der Chi-Quadrat-Test wurde verwendet zur Berechnung der asymptotischen Signifikanz der Verteilung der nominalskalierten Variablen „Blockadeversager“ und „Substanzklasse der ersten Schmerzmedikation“. Ebenso kam er beim Vergleich der durch Kategorisierung entstandenen Variablen „Zeitaufwand für die Blockadeanlage“, „VAS-Angabe bei Operationsende“, VAS-Angabe bei Entlassung aus dem Aufwachraum“, „Aufwachraumzeit“, „Zeitdauer von der Freigabe bis zur 1.Schmerzmedikation“ und „Blockadewirkdauer“ zum Einsatz. Bei signifikanten Unterschieden wurde im Anschluss der exakte Test nach Fisher zum paarweisen Vergleich angewendet.

Die Antworten auf die dichotomen Ja/Nein-Fragen des Patientenfragebogens wurden ebenfalls mithilfe des Chi-Quadrat-Tests, der die zweiseitige asymptotische Signifikanz berechnet, ausgewertet. Bei Auftreten eines signifikanten Unterschiedes wurden die Gruppen mithilfe des exakten Test nach Fisher paarweise verglichen, und es wurde jeweils die zweiseitige exakte Signifikanz bestimmt.

Das Signifikanzniveau wurde auf $p=0,05$ festgelegt. Lag das Testergebnis unter diesem Wert, wurde die Nullhypothese abgelehnt, das heißt, es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den zu vergleichenden Gruppen angenommen. Bei einem Ergebnis $\geq 0,05$ wurde die Nullhypothese akzeptiert, es wurde also davon ausgegangen, dass kein Unterschied zwischen den Gruppen besteht.

3. Ergebnisse

3.1. Vergleichbarkeit der Gruppen

Es wurden insgesamt 500 Patienten untersucht. Dabei ergab sich folgende Verteilung: 242 Patienten zählten zur Gruppe „Nervenstimulation“, 192 Patienten zur Gruppe „Sonografie“ und 66 Patienten zur Gruppe „Nervenstimulation und Sonografie“. Die Gruppen waren bezüglich Geschlecht, Alter und ASA-Klassifikation der Patienten sowie Art und Dauer der Operation vergleichbar.

	N	S	N+S	insgesamt
Geschlecht Männlich (%)	61,2	57,8	60,6	59,8
Weiblich (%)	38,8	42,2	39,4	40,2
<i>Signifikanz p-Wert</i>				<i>0,706</i>
Alter (Mittelwert in Jahren)	54,83	54,81	54,45	54,77
<i>Standardabweichung in Jahren</i>	<i>13,06</i>	<i>14,18</i>	<i>11,48</i>	<i>13,28</i>
<i>Signifikanz p-Wert</i>				<i>0,978</i>
ASA 1 (%)	19,4	15,6	13,6	17,2
2 (%)	64,0	64,1	69,7	64,8
3 (%)	16,5	20,3	16,7	18,0
<i>Signifikanz p-Wert</i>				<i>0,615</i>
OP-Art Offen (%)	76,0	71,9	66,7	73,2
Arthroskopie (%)	23,1	27,1	28,8	25,4
Katheter (%)	0,8	1,0	4,5	1,4
<i>Signifikanz p-Wert</i>				<i>0,130</i>
OP-Dauer (Mittelwert in Minuten)	83	81	72	81
<i>Standardabweichung in Minuten</i>	<i>41</i>	<i>46</i>	<i>38</i>	<i>43</i>
<i>Signifikanz p-Wert</i>				<i>0,155</i>

Tab.1: Demographische Daten, dargestellt sind prozentuale Verteilung, Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Signifikanz, N=Nervenstimulation, S=Sonografie, N+S=Nervenstimulation und Sonografie

3.2. Durchführung der Nervenblockade

Der Zeitaufwand für die Durchführung der Plexusblockade wurde anhand der Zeitdauern für die komplette Anästhesieeinleitung inklusive der Einleitung der Allgemeinanästhesie verglichen. Dieser in 5-Minuten-Schritten angegebene Zeitraum vom Anästhesiebeginn bis zur Freigabe betrug bei den durch Nervenstimulation durchgeführten Nervenblockaden durchschnittlich 19 Minuten mit einer Standardabweichung von 9 Minuten. Der Mittelwert bei den ultraschallgesteuerten Nervenblockaden lag bei 20 Minuten, die Standardabweichung betrug hier 8 Minuten. Zwischen diesen beiden Gruppen bestand kein Unterschied ($p=0,245$). Dagegen dauerte die Anästhesieeinleitung bei den Patienten, bei denen beide Methoden zur Anlage der Plexusblockade benötigt wurden, mit 24 Minuten und einer Standardabweichung von 12 Minuten länger als bei der alleinigen Anwendung der Nervenstimulation ($p=0,001$) beziehungsweise der Sonografie ($p=0,008$). Der Anteil der Patienten mit einem Zeitaufwand bis 25 Minuten betrug in der Gruppe Nervenstimulation 89,3% und in der Gruppe der ultraschallgestützten Blockaden 88,5% ($p=0,466$). Wurden beide Techniken kombiniert angewendet, wurden nur 69,7% der Patienten innerhalb von 25 Minuten anästhesiert. Die Abweichung zur Gruppe Nervenstimulation beziehungsweise Sonografie war statistisch signifikant ($p<0,001$ beziehungsweise $p=0,001$).

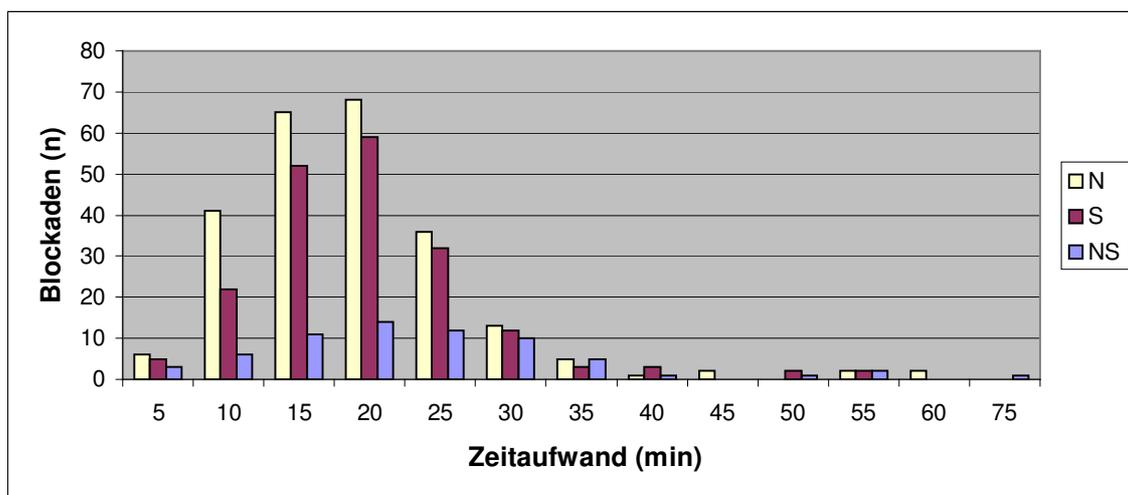


Abb.9: Dargestellt ist die Anzahl der Blockaden mit dem jeweiligen Zeitaufwand in 5-Minuten-Schritten

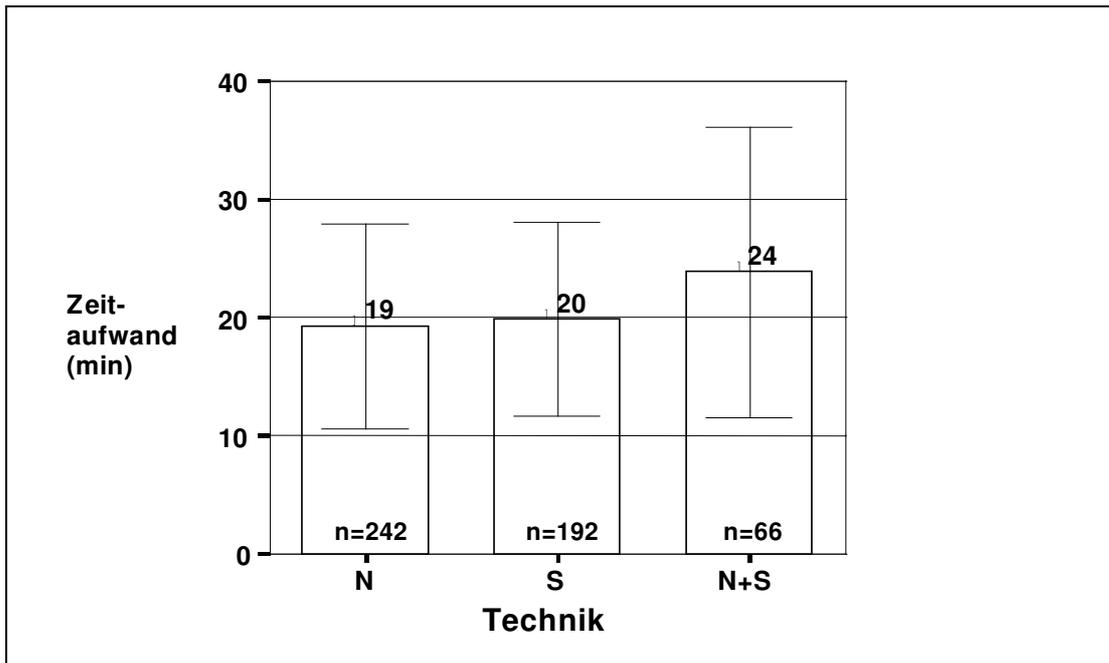


Abb.10: Dargestellt sind die Mittelwerte des Zeitaufwandes mit Standardabweichungen

3.3. Effektivität der Nervenblockade

3.3.1. Blockadeerfolg

In der Gruppe „Nervenstimulation“ wurde bei 3,3% der Patienten bereits während der Operation zusätzlich Fentanyl oder Piritramid injiziert, 14% erhielten in den ersten zwei Stunden nach der Operation Opiate. Nach den sonogesteuerten Blockadeanlagen lag der Prozentsatz der Opiatgabe bei 5,7% während der Operation und bei 19,3% innerhalb von zwei Stunden nach Operationsende. Bei der Kombination beider Verfahren ergab die Untersuchung einen Opiatbedarf in 4,5% beziehungsweise 12,1% der Fälle. Bei einer sonogesteuerten ISB-Katheteranlage blieb die Blockade wirkungslos, eine Opiatgabe erfolgte nicht. Insgesamt war die interskalenäre Blockade in der Gruppe „Nervenstimulation“ bei 82,6% der Patienten erfolgreich. Bei der sonogesteuerten ISB-Anlage lag die Erfolgsrate bei 74,5% und bei der kombinierten Methode bei 83,3%. Zwischen den drei Gruppen ergaben sich keine Unterschiede hinsichtlich des Blockadeerfolges ($p=0,080$).

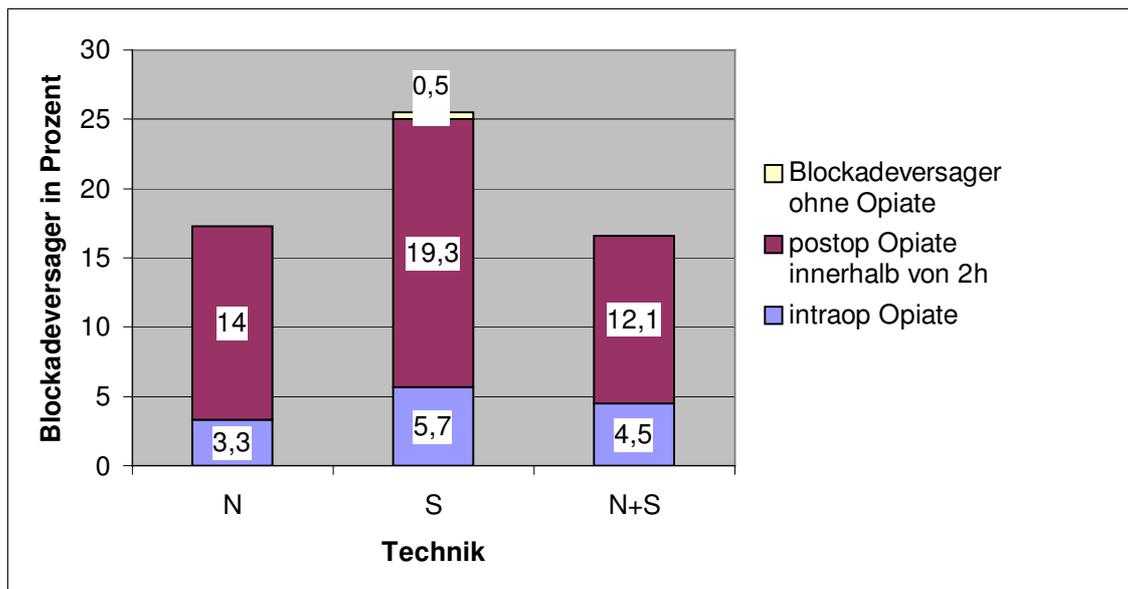


Abb.11: Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Blockadeversager

3.3.2. Schmerzintensität bei Operationsende und bei Entlassung aus dem Aufwachraum

Nach der Durchführung der Plexusblockade mit Nervenstimulation ergab der Schmerzscore am Ende der Operation bei 94,8% und bei Entlassung aus dem Aufwachraum bei 97,9% der Patienten einen Wert zwischen 0 und 3. Bei der sonogesteuerten Blockadeanlage lagen 92,8% beziehungsweise 92,2% in diesem Bereich. Wurden beide Verfahren angewendet, gaben 93,7% sowie 98,5% einen VAS-Wert von bis zu 3 an. Bei drei Patienten, die direkt nach der Operation auf die Intensivstation verlegt wurden, fehlten jeweils beide VAS-Werte. Der Vergleich der Schmerzintensitäten bei Operationsende ergab keinen Unterschied zwischen den drei Gruppen ($p=0,702$). Zum Zeitpunkt der Verlegung auf die Station zeigte sich ein Unterschied zwischen den Gruppen „Nervenstimulation“ und „Sonografie“ mit einem p -Wert von 0,005. Zwischen dem kombinierten Verfahren und der Gruppe „Nervenstimulation“ ($p=1,000$) beziehungsweise der Gruppe „Sonografie“ ($p=0,079$) gab es keinen Unterschied.

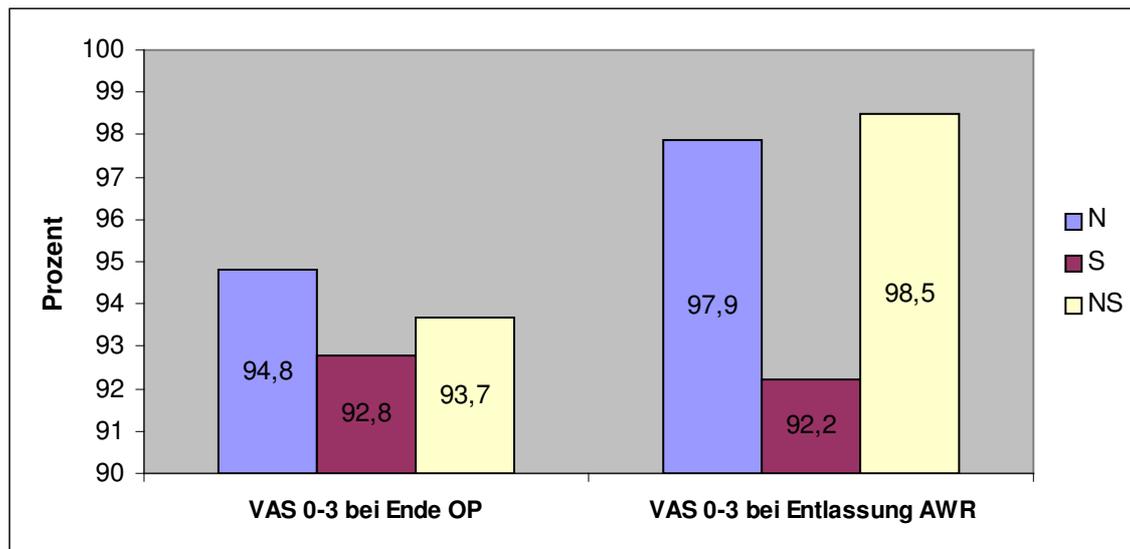


Abb.13: Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Patienten mit einem VAS-Score von 0-3

3.3.3. Zeitdauer bis zur ersten Schmerzmedikation

Der Mittelwert der in 5-Minuten-Intervallen angegebenen Zeitabstände von der Anästhesiefreigabe bis zur ersten Schmerzmedikation betrug in der Gruppe „Nervenstimulation“ 9h 5min mit einer Standardabweichung von 4h 50min, während in der Gruppe „Sonografie“ durchschnittlich 7h 32min nach der Freigabe durch den Anästhesisten das erste Mal die Gabe von Schmerzmedikamenten nötig war. Hier betrug die Standardabweichung 3h 48min. Die Zeitdauer bei der Kombination der beiden Verfahren lag im Durchschnitt bei 6h 56min, die Standardabweichung bei 3h 28min. Der Unterschied von 93 Minuten zwischen der Gruppe „Nervenstimulation“ und der Gruppe „Sonografie“ war statistisch relevant ($p=0,001$). Auch die Gegenüberstellung der Mittelwerte der Nervenstimulation und des kombinierten Verfahrens zeigte mit 129 Minuten einen Unterschied ($p=0,001$). Der Zeitabstand bis zur ersten Schmerzmedikation war in der Gruppe „Nervenstimulation“ signifikant länger als in den beiden anderen Gruppen. Beim Vergleich der Sonografie mit der Kombination beider Methoden konnte kein Unterschied gezeigt werden ($p=0,317$). Es wurde ebenfalls der Anteil der Patienten, bei denen die Zeitdauer von der Freigabe bis zur ersten

analgetischen Medikation mindestens 5 Stunden betrug, verglichen. In der Gruppe „Nervenstimulation“ lag dieser bei 90%, bei den ultraschallgestützten Blockaden bei 83,2% und bei dem kombinierten Verfahren bei 80,0% ($p=0,072$).

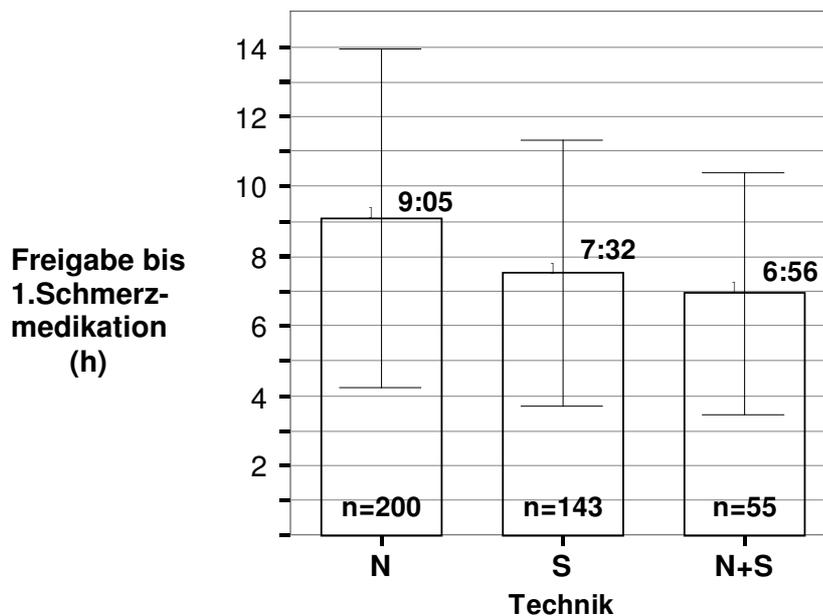


Abb.14: Dargestellt sind die Mittelwerte der Zeitdauer von der Freigabe bis zur 1.Schmerzmedikation mit Standardabweichungen

3.3.4. Art der ersten Schmerzmedikation

Neben dem Zeitintervall bis zur erstmaligen Analgetikagabe wurden auch drei verschiedene Substanzklassen der ersten postoperativen Schmerzmedikation verglichen. In der Gruppe „Nervenstimulation“ benötigten 21,9% der Patienten Piritramid, 66,1% bekamen den Schmerztropf und 12,0% Antiphlogistika. Bei den Patienten, bei denen die Blockade ultraschallgesteuert durchgeführt wurde, lag der Opiatbedarf bei 28,1%, 69,3% erhielten den Schmerztropf und 2,6% andere Analgetika. Wurde die Kombination beider Verfahren angewendet, lag der Anteil des Opiatbedarfes bei 22,7%, während 68,2% der Patienten mit dem Schmerztropf und 9,1% mit NSAR behandelt wurden. Die Verteilung der drei

verschiedenen Substanzklassen ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen ($p=0,008$). Wurde die Schmerztherapie mit dem Schmerztropf und mit Nichtsteroidalen Antirheumatika zusammengefasst und dem Opioidbedarf gegenübergestellt, zeigte sich kein Unterschied zwischen den drei Gruppen ($p=0,307$).

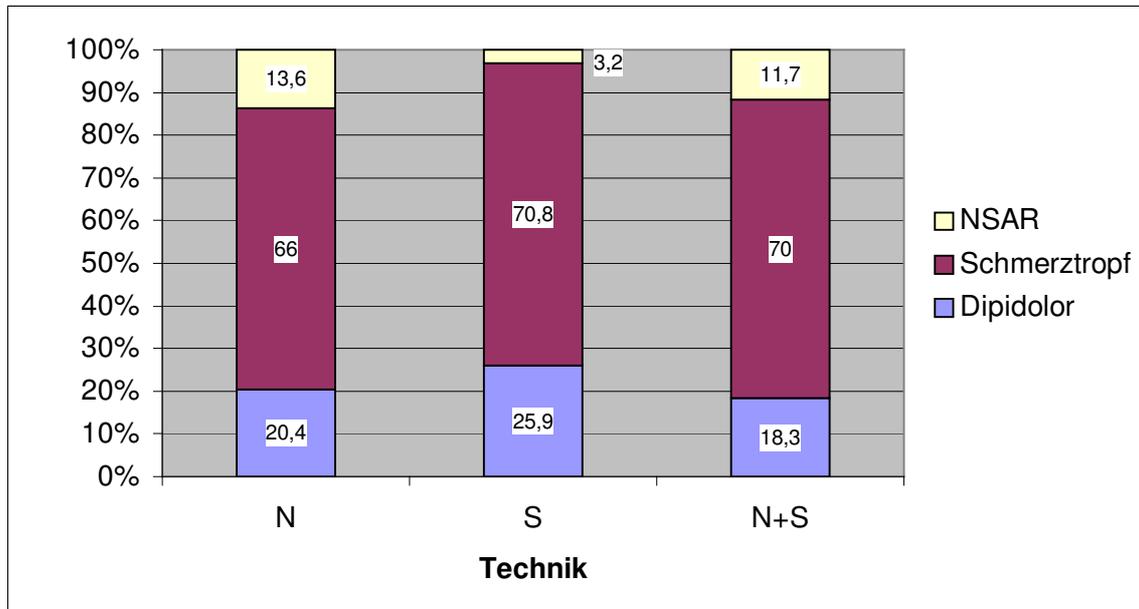


Abb.15: Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Substanzklassen an der 1.Schmerzmedikation

3.3.5. Aufenthaltszeit im Aufwachraum

In der Gruppe „Nervenstimulation“ betrug die durchschnittliche Aufenthaltszeit im Aufwachraum 114 Minuten, in der Gruppe „Sonografie“ 118 Minuten und bei der kombinierten Anwendung 107 Minuten. Die Standardabweichungen lagen bei 40 Minuten, 46 Minuten und 33 Minuten ($p=0,186$). In der Gruppe „Nervenstimulation“ wurden 85,1% gegenüber 85,9% bei den ultraschallgesteuerten Blockaden und 89,2% bei der Blockadeanlage mithilfe des kombinierten Verfahrens innerhalb von 150 Minuten aus dem Aufwachraum entlassen ($p=0,698$).

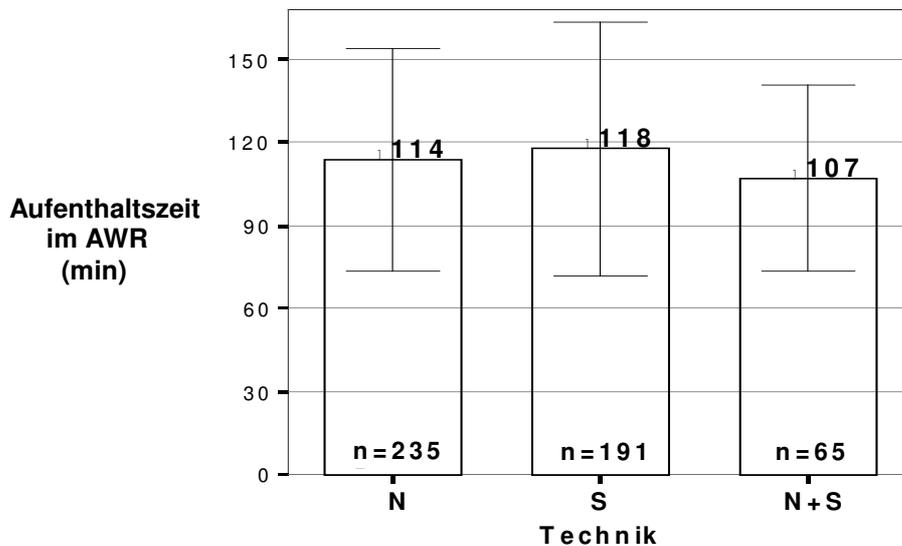


Abb.16: Dargestellt sind die Mittelwerte der Aufenthaltszeit im Aufwachraum mit Standardabweichungen

3.3.6. Wirkdauer der Nervenblockade

Durchschnittlich betrug die Wirkdauer von der Anlage bis zum Abklingen der interskalären Blockade in der Gruppe „Nervenstimulation“ 14h 3min mit einer Standardabweichung von 8h 11min. In der Ultraschall-Gruppe lag der Mittelwert der Wirkdauer bei 13h 24min, die Standardabweichung ergab 9h 37min. Bei der Kombination beider Verfahren resultierte im Durchschnitt ein Zeitraum von 11h 28min bis zum Abklingen der Blockade mit einer Standardabweichung von 6h 44min. Es zeigte sich kein Unterschied zwischen den drei Gruppen ($p=0,142$). Der prozentuale Anteil der Blockaden mit einer Wirkdauer von mindestens 8 Stunden betrug für die Gruppe der Nervenstimulation 81%, für die Gruppe der sonogesteuerten ISB-Anlagen 72,0% und für die Gruppe „Nervenstimulation plus Sonografie“ 65,5% der Patienten. Der Unterschied zwischen der Gruppe „Nervenstimulation“ und dem kombinierten Verfahren war auch statistisch relevant ($p=0,018$), der Vergleich der Gruppe „Sonografie“ mit der Nervenstimulations-Gruppe und mit der Kombinations-Gruppe ergab keine Unterschiede ($p=0,067$ und $p=0,389$).

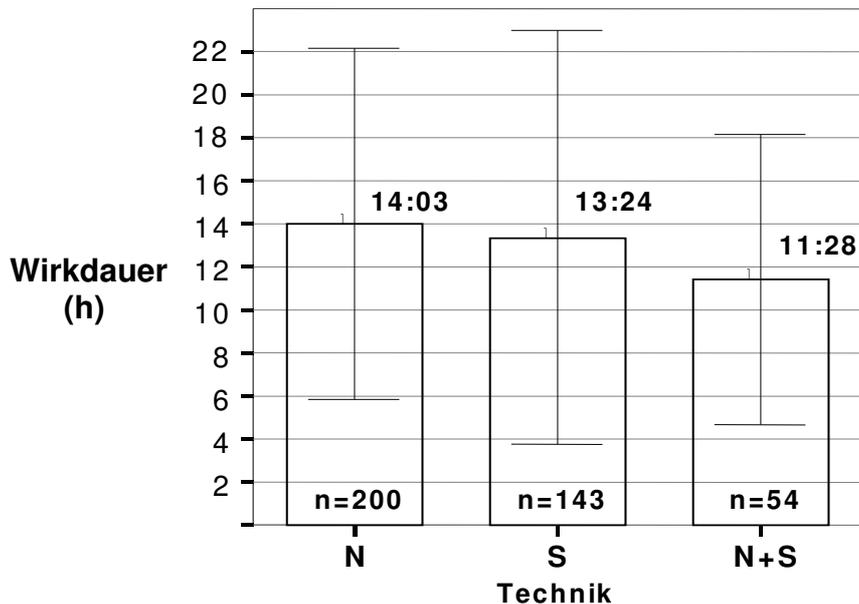


Abb.17: Dargestellt sind die Mittelwerte der Wirkdauer mit Standardabweichungen

3.4. Patientenbefragung

3.4.1. Schmerzen bei Durchführung der Nervenblockade

Neben dem objektiven Vergleich der Zeitdauer für die Durchführung der Nervenblockade wurde auch die Zufriedenheit der Patienten untersucht. Es wurde nach dem Auftreten von Schmerzen während der ISB-Anlage gefragt. In der Gruppe Nervenstimulation beantworteten 8,7% diese Frage nach Schmerzen bei der Nervenblockade mit „ja“, während 5,2% der Patienten angaben, bei der sonogesteuerten Blockadeanlage Schmerzen empfunden zu haben. Bei der Kombination beider Verfahren betrug dieser Anteil 10,6%. Ein statistischer Unterschied wurde nicht gezeigt ($p=0,245$). Die Schmerzen wurden in allen drei Gruppen überwiegend im Halsbereich angegeben. Ein Patient gab bei der Blockade mithilfe des Nervenstimulators Schmerzen im Arm an. Bei der sonogestützten ISB-Anlage gaben zwei Patienten und bei der kombinierten Anwendung beider Verfahren ein Patient den Schmerz im Schulterbereich an.

	N	S	N+S	insgesamt
insgesamt	21 (8,7%)	10 (5,2%)	7 (10,6%)	38 (7,6%)
Hals	20	8	6	34
Schulter	0	2	1	3
Arm	1	0	0	1

Tab.2: Auftreten von Schmerzen und deren Lokalisation bei der Durchführung der Nervenblockade

3.4.2. Missempfindungen bei Durchführung der Nervenblockade

Die Frage nach dem Auftreten von Parästhesien beziehungsweise „Elektrisieren oder Kribbeln“ bei der Durchführung der interskalären Blockade bejahten 18,2% der Patienten der Gruppe „Nervenstimulation“. In der Ultraschall-Gruppe gaben 4,7% der Patienten an, Parästhesien wahrgenommen zu haben. Wurden beide Methoden angewendet, beschrieben 25,8% das Auftreten von elektrisierenden Missempfindungen. Es zeigte sich eine signifikante Abweichung der sonogesteuerten Blockaden zu der ISB-Anlage mithilfe der Nervenstimulation und zu der kombinierten Anwendung beider Verfahren ($p < 0,001$). Die Gruppen „Nervenstimulation“ und „Nervenstimulation plus Sonografie“ unterschieden sich nicht ($p = 0,222$).

Bezüglich der Lokalisation der Parästhesien wurden keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen gefunden. Fast zwei Drittel der insgesamt 70 Patienten, die Missempfindungen angaben, lokalisierten diese in den Arm, 16 Personen in die Hand beziehungsweise in einzelne Finger, 12 in die Schulter, 9 in den Hals, und 4 Patienten in die seitliche Brustwand. In der Gruppe „Nervenstimulation“ ebenso wie in der Gruppe „Nervenstimulation und Sonografie“ empfanden ein Viertel der Parästhesien beschreibenden Patienten diese in mehreren Körperregionen. Dagegen wurden bei alleiniger sonogesteuerter Blockade die Missempfindungen jeweils nur in einen der Bereiche Arm, Hand, Hals oder Schulter lokalisiert.

	N	S	N+S	insgesamt
insgesamt	44 (18,2%)	9 (4,7%)	17 (25,8%)	70 (14%)
Arm	31	5	9	45
Hand/Daumen/Finger	8	2	6	16
Schulter	8	1	3	12
Hals	6	1	2	9
Seitliche Brustwand	3	0	1	4
Mehrere Körperregionen	12	0	4	16

Tab.3: Auftreten von Parästhesien und deren Lokalisation bei der Durchführung der Nervenblockade

3.4.3. Kraftlosigkeit, Empfindsamkeit oder Gefühllosigkeit nach Abklingen der Nervenblockade

Das Weiterbestehen von Kraftlosigkeit, Empfindsamkeit oder Gefühllosigkeit nach dem Abklingen der Nervenblockade wurde in der Befragung wie folgt angegeben: In der Gruppe „Nervenstimulation“ hatten 8,3%, in der Gruppe „Sonografie“ 9,9% und nach der kombinierten Verfahrensweise 9,1% der Patienten über die Schmerzblockade hinaus weiterbestehende neurologische Symptome ($p=0,840$).

Lokalisiert wurde dieses fortbestehende sensible beziehungsweise motorische Defizit in allen Gruppen zum überwiegenden Teil in die Hand, den Daumen oder einzelne Finger. Daneben wurden Arm, Schulter, Hals und Ohr angegeben. Dieses über das Abklingen der Plexusblockade hinaus andauernde neurologische Defizit bildete sich jedoch in 84,4% der Fälle innerhalb von drei Tagen nach der Operation und bei 11,1% innerhalb von einer Woche wieder komplett zurück, so dass bis auf zwei Fälle alle Patienten ohne neurologische Störungen entlassen werden konnten.

Bei einer Patientin, die noch Wochen nach der offenen Schulteroperation - einer Metallentfernung und reversen Endoprothese nach Grammont - über Hypästhesien der Finger IV und V der operierten Seite klagte, wurde in einer neurologischen Nachuntersuchung eine inkomplette Ulnaris-Druckläsion in Höhe des Sulcus ulnaris diagnostiziert. Dieses neurologische Defizit war 6

Monate nach der Operation nicht mehr vorhanden. Hier war das sonogesteuerte Verfahren zur Blockadeanlage zur Anwendung gekommen.

Bei der zweiten Patientin war die Nervenblockade mithilfe der Nervenstimulation angelegt worden. Bei dem operativen Eingriff handelte es sich ebenfalls um eine reverse Endoprothese nach Grammont. Die Patientin litt postoperativ unter anhaltenden Dys- und Hypästhesien der Digni I bis III sowie einer partiellen Parese des Daumens und Zeigefingers. In der neurologischen Untersuchung wurde elektrophysiologisch eine Läsion der kranialen Anteile des Plexus brachialis nachgewiesen. Diese Beschwerden bestanden auch zwei Jahre nach der Operation fort.

	N	S	N+S	insgesamt
Insgesamt	20 (8,3%)	19 (9,9%)	6 (9,1%)	45 (9,0%)
Hand / Finger	12	13	5	30
Schulter / Arm	5	5	1	11
Hals / Gesicht / Ohr	3	1	0	4
Rückbildung innerhalb von 3 Tagen	17	17	4	38
Rückbildung innerhalb von 1 Woche	2	1	2	5
Rückbildung innerhalb von 6 Monaten	0	1	0	1
Dauerhaftes neurologisches Defizit	1	0	0	1

Tab.4: Weiterbestehen von Kraftlosigkeit, Empfindsamkeit oder Gefühllosigkeit nach Abklingen der Nervenblockade und deren Lokalisation sowie die Rückbildung der neurologischen Defizite

3.4.4. Atemprobleme nach der Nervenblockade

Nach der ISB-Anlage mithilfe des Nervenstimulators gaben 5,8% und bei der sonogesteuerten Blockade 8,9% der Patienten Atembeschwerden an. In der Gruppe „Nervenstimulation und Sonografie“ lag dieser Anteil bei 6,1% ($p=0,438$). Die Atemprobleme wurden jeweils zu etwa zwei Dritteln in beide Seiten und zu einem Drittel in die operierte Seite lokalisiert, während nur ein Patient Atemprobleme auf der gegenüberliegenden Seite angab.

3.4.5. Patientenzufriedenheit

Die Frage, ob sie die gewählte Form der Nervenblockade wieder wählen würden, bejahten 95,9% der Patienten der Nervenstimulations-Gruppe und 96,9% aus der Gruppe „Sonografie“. Bei der kombinierten Technik lag der Anteil bei 90,9% ($p=0,120$).

3.4.6. Anmerkungen der Patienten

Insgesamt machten 75 Patienten Anmerkungen auf dem Fragebogen. Die häufigsten beziehungsweise aussagekräftigsten Kommentare werden im Folgenden zusammengefasst. Bezüglich der ISB-Anlage bemerkten fünf Patienten, bei denen das kombinierte Verfahren angewendet wurde, und drei Patienten der Gruppe „Nervenstimulation“, dass die Blockadeanlage lange gedauert habe. Bei der Verwendung der Nervenstimulation empfanden fünf Patienten die Anlage der interskalenären Blockade als unangenehm, weitere fünf Patienten insbesondere das Muskelzucken. Dagegen bezeichnete nur ein Patient die Durchführung der sonogesteuerten Anlage als unangenehm.

In der Gruppe „Nervenstimulation“ gaben vier Patienten nach der Operation Heiserkeit an, zwei Patienten ein Horner-Syndrom, drei Patienten Schmerzen an der Punktionsstelle, ein Patient ein Hämatom an der Einstichstelle und ein Patient Schmerzen im Gesicht. Zwei Patienten berichteten über Atemprobleme beim Nachspritzen des Lokalanästhetikums über den interskalenären Katheter. Nach sonogesteuerter Blockadeanlage bemerkte nur ein Patient Heiserkeit und ein Patient Symptome des Horner-Syndroms. Ein weiterer Patient gab ein Taubheitsgefühl des Gesichts auf der operierten Seite an. Außerdem klagten zwei Patienten über Atemprobleme beim Nachspritzen. Nach der Kombination beider Verfahren berichteten zwei Patienten über eine halbseitige Gesichtslähmung und Sensibilitätsstörung, ein Patient gab persistierende Schmerzen an der Punktionsstelle und ein weiterer Patient Atembeschwerden und Heiserkeit infolge des Nachspritzens über den ISB-Katheter an.

4. Diskussion

Nachdem Hirschel im Jahre 1911 (24) die erste perkutane Anästhesie des Plexus brachialis über den axillären Zugangsweg beschrieben hatte, sind verschiedene Techniken und Modifikationen der Plexusblockade hinzugekommen. Zu den heute am häufigsten angewendeten Verfahren zählen der vertikal-infraklavikuläre Block nach Kilka (29), der axilläre Plexusblock nach De Jong (12) und die interskalenäre Blockade nach Meier (34). Nicht nur die Zugangswege, sondern auch die Methoden zur Durchführung der Regionalanästhesie des Plexus brachialis haben sich seit der erstmaligen Blockadeanlage stark gewandelt. Erfolgte die Lokalisation der Nerven zunächst durch das Auslösen von Parästhesien, entdeckte Perthes bereits 1912 die Möglichkeit der Nervenreizung durch elektrische Impulse zur Detektierung der jeweiligen Zielstrukturen.(41) Die Technik des Widerstandsverlustes beim Durchdringen der Gefäß-Nerven-Scheide wurde später von Burnham entdeckt und bei der Durchführung des axillären Blocks angewendet.(8)

Etabliert hat sich jedoch in den letzten Jahrzehnten die periphere elektrische Nervenstimulation zur Lokalisation des Plexus brachialis, wobei das Auffinden der nervalen Strukturen hierbei nur indirekt durch das Hervorrufen von Muskelkontraktionen erfolgt.

Die direkte Visualisierung des Punktionsgebietes durch Ultraschall stellt ein neueres Verfahren dar, das sich in den letzten Jahren entwickelt hat. Untersucht wurde die Darstellung der anatomischen Strukturen der verschiedenen Zugangswege sowie in klinischen Studien die Effizienz und Sicherheit der sonogesteuerten infraklavikulären, supraklavikulären und interskalenären Blockaden anhand von kleinen Patientenzahlen.

Im Mittelpunkt unserer Untersuchung stand der Vergleich der herkömmlichen Methode der Nervenstimulation mit der neueren Alternative der ultraschallgeführten Technik zur Anlage der interskalenären Blockade. Diese beiden Verfahren wurden hinsichtlich der Durchführung, der Effektivität, der Nebenwirkungen und der Patientenzufriedenheit direkt gegenübergestellt. Die durch diese Untersuchung eines großen Patientenkollektives gelieferten

Ergebnisse können zur Etablierung und Weiterentwicklung der Nutzung der Sonografie bei der Anlage von interskalenären Blockaden führen.

4.1. Diskussion der eigenen Ergebnisse im Vergleich mit anderen Studien

4.1.1. Durchführung der Nervenblockade

Die Zeitdauer für die Durchführung der interskalenären Nervenblockade sowie der sich daran anschließenden Allgemeinanästhesie betrug im Durchschnitt 19 Minuten in der Gruppe „Nervenstimulation“ und 20 Minuten bei den sonografisch gesteuerten Anlagen. Aufgrund der fehlenden Signifikanz dieses Unterschiedes muss von einem sehr ähnlichen Zeitaufwand für beide Methoden ausgegangen werden. Die Kombination beider Verfahren nahm im Mittel 24 Minuten mehr Zeit in Anspruch. Insgesamt dauerte die komplette Anästhesieeinleitung sowohl in der Gruppe „Nervenstimulation“ als auch in der Ultraschallgruppe bei annähernd 90% der Patienten maximal 25 Minuten, und bei der Kombination beider Verfahren lag dieser Anteil bei knapp 70%.

Ausgehend von einer Dauer von 10 bis 15 Minuten für die Einleitung der Allgemeinanästhesie sind die Ergebnisse vergleichbar mit anderen Studien. Bei Schwemmer et al. betrug die durchschnittliche Zeitspanne für die alleinige Anlage der interskalenären Nervenblockade unter Ultraschallsicht im Mittel 5 Minuten.(48) Knapp 10 Minuten ($9,62 \pm 5,31$ Minuten) dauerte die ISB-Anlage mithilfe der Nervenstimulation in der Untersuchung von Dewees.(14) Meier et al. fanden in ihrer Studie eine durchschnittliche Zeitdauer von 32 Minuten vom Anästhesiebeginn bis zur Freigabe, wobei hier in den meisten Fällen auf eine Allgemeinanästhesie verzichtet wurde und daher vor Operationsbeginn der komplette Wirkungseintritt der Plexusblockade abgewartet werden musste.(34)

4.1.2. Effektivität der Nervenblockade

Als Hinweis auf ein Versagen der Blockade wurde der Prozentsatz der Patienten, bei denen intraoperativ das Nachspritzen von Fentanyl® oder die Gabe von Dipidolor® nötig war, untersucht. Auch die Fälle, in denen innerhalb von zwei Stunden nach Operationsende Opiate verabreicht wurden, wurden als Blockadeversager bewertet. Insgesamt lag die Erfolgsquote in der Gruppe „Nervenstimulation“ bei 82,6%, die sonogestützten Blockaden waren in 74,5% und die mit der kombinierten Methode angelegten Plexusanästhesien in 83,3% der Fälle erfolgreich. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant.

Die Angaben in der Literatur über den Erfolg interskalenärer Blockaden sind weit gefächert, wozu sicherlich einerseits die differierende Definition von Blockadeversagern und andererseits der unterschiedliche Ausbildungsstand der die Interskalenusblockaden durchführenden Anästhesisten in den verschiedenen Studien beiträgt. Ähnliche Ergebnisse wie unsere Auswertung liefert die Untersuchung von Altintas et al. mit einer Erfolgsrate von 80,9%.⁽¹⁾ Brandl und Taeger berichten dagegen nur von 8% technischen beziehungsweise totalen Versagern. Als solche wurden die Fälle eingeordnet, die nach der Operation im Aufwachraum keinen Sensibilitätsverlust in den untersuchten Bereichen aufwiesen. Allerdings wurden hierzu noch 16% partielle Blockadeversager addiert, bei denen postoperativ zwar ein teilweiser Sensibilitätsausfall, aber auch starke Schmerzen mit einem VAS-Score >5 bestanden, so dass insgesamt 24% der ISB-Anlagen nicht erfolgreich waren.⁽⁷⁾ Dagegen zeigen andere Studien bei interskalenären Blockaden Erfolgsraten von teilweise weit über 90%. Winnie gab schon 1970 eine Erfolgsquote von 94% an.⁽⁶⁴⁾ Meier et al. fanden einen Blockadeerfolg ohne notwendige intraoperative Gabe von Schmerzmitteln bei 96% der Patienten, wobei die Blockaden in dieser Untersuchung ausschließlich von erfahrenen Anästhesisten durchgeführt wurden.⁽³⁴⁾ In der Studie von Bishop et al. waren 97% der ISB-Anlagen erfolgreich, das heißt diese benötigten keine zusätzliche Allgemeinanästhesie.⁽³⁾ Tamosiunas et. al beschrieben eine ebenso hohe Erfolgsrate.⁽⁵⁷⁾ In der 2004 von Schwemmer et al. veröffentlichten Pilotstudie

über ultraschallgestützte interskalenäre Blockaden zur perioperativen Schmerzbehandlung in der Schulterchirurgie, durchgeführt mit 50 Patienten ebenfalls in der Würzburger Klinik König-Ludwig-Haus, war die zusätzliche Opiatgabe während der Operation bei einem Patienten notwendig. Dies wurde als kompletter Blockadeversager gewertet, während bei weiteren 8 Patienten intra- oder postoperativ nur eine inkomplette Anästhesie im Schulterbereich bestand, sodass die ISB-Anlage insgesamt nur in 82% der Fälle erfolgreich war.(48) Obwohl in unserer Untersuchung kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen gezeigt werden konnte, traten bei der sonogesteuerten Methode am häufigsten Blockadeversager auf. Dies könnte sich dadurch erklären, dass die Blockaden in unserer Untersuchung von verschiedenen Anästhesisten durchgeführt wurden, die das Ultraschall-Verfahren zum Teil erst erlernten und daher weniger Erfahrung und Routine als bei der ISB-Anlage mithilfe der Nervenstimulation besaßen. Da diese Frage jedoch nicht Bestandteil der Untersuchung war, fehlen Daten für diese These. Neben dem Blockadeerfolg wurden die postoperative Schmerzintensität der Patienten beurteilt. Dazu wurde jeweils der Anteil mit einem VAS-Wert von 0 bis 3 verglichen, wobei die Patienten mit intraoperativer Opiatgabe bei der Betrachtung der Schmerzintensität zum Zeitpunkt Ende der Operation nicht berücksichtigt wurden, um eine dadurch bedingte Verfälschung der Ergebnisse zu verhindern. Der Patientenanteil ohne oder mit nur geringfügigen Schmerzen war in der Nervenstimulationsgruppe mit 94,8% am höchsten. In der Gruppe „Sonografie“ betrug er 92,8% und beim kombinierten Verfahren 93,7%. Diese Unterschiede waren vergleichbar und zeigten eine hohe postoperative Schmerzfreiheit und damit Effektivität der Plexus brachialis Anästhesie unabhängig von der Methode der ISB-Anlage. Bei der Entlassung aus dem Aufwachraum gaben 97,9% der Patienten, bei denen die Nervenstimulation angewendet wurde, einen Schmerzscore von maximal 3 an, nach den sonogesteuerten Blockaden lag dieser Anteil bei 92,2% und nach der Kombination beider Methoden bei 98,5%. Hier war ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen „Nervenstimulation“ und „Sonografie“ nachweisbar. Dennoch weist der im Durchschnitt höhere und auch in der Ultraschallgruppe

mit 0,6% nur geringfügig niedrigere Prozentsatz der Schmerzfreiheit bei der Verlegung auf die Station im Vergleich zum Operationsende auf eine effektive Schmerztherapie im Aufwachraum hin.

Ebenfalls statistisch relevant war die längere durchschnittliche Zeitdauer von 9h 5min bis zur ersten Schmerzmedikation bei den mithilfe der Nervenstimulation durchgeführten Blockaden gegenüber 7h 32min bei der sonogesteuerten Anlage und 6h 56min bei der kombinierten Verfahrensweise, wobei nur die erfolgreichen Blockaden untersucht wurden. Damit ist die Methode der Nervenstimulation in Hinblick auf die Dauer der postoperativen Schmerzfreiheit am effektivsten. In der Literatur wird von ähnlichen Zeiträumen von der Freigabe bis zur ersten Analgetikagabe nach Operationen unter Allgemeinanästhesie und interskalenärer Blockade berichtet. Erfolgte die Anlage mithilfe der Nervenstimulation, betrug die durchschnittliche Zeitdauer 7h 9min bei Dewees (14) und 8 Stunden bei Tamosiunas (57). Brandl und Taeger berichten über eine mittlere Zeitspanne von 8,7 Stunden.(7) Nach sonogesteuerter ISB-Anlage fanden Schwemmer et al. eine Dauer von 10-14 Stunden bis zur ersten analgetischen Medikation.(48)

Bezüglich der Substanzklasse der ersten Analgetikagabe ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen, wobei die Gabe von NSAR beziehungsweise dem Schmerztropf zusammengefasst und dem Opiatbedarf gegenübergestellt wurde. Dieser betrug in der Gruppe „Nervenstimulation“ 21,9%, in der Gruppe „Sonografie“ 28,1% und 22,7% bei der Kombination beider Methoden. Damit war der postoperative Gebrauch von Opioidanalgetika in allen Gruppen deutlich niedriger als in der Untersuchung von Brandl und Taeger, die einen Bedarf bei 32% der Patienten in den ersten 24 Stunden nach der Operation feststellten.(7)

Die Effektivität der Nervenblockade wurde auch mithilfe der durchschnittlichen Aufenthaltszeit im Aufwachraum beurteilt, die 107 Minuten bei der kombinierten Technik, 114 Minuten bei der Nervenstimulation und 118 Minuten bei den ultraschallgeführten Blockaden betrug. Hier unterschieden sich die Gruppen ebenfalls nicht, so dass die Art der Blockadeanlage keine Auswirkungen auf die Zeitdauer bis zur Verlegung auf die Station zu haben scheint. Verglichen mit der

Untersuchung von Brandl und Taeger, die bei interskalenären Blockaden mit Allgemeinanästhesie eine durchschnittliche Verweildauer im Aufwachraum von 86 Minuten errechneten, zeigten unsere Ergebnisse eine etwas längere Zeitdauer bis zur Verlegung auf die Station.(7) Allerdings lagen unsere Ergebnisse immer noch unter der mittleren Aufenthaltszeit von 134 Minuten nach Schulteroperationen mit alleiniger Allgemeinanästhesie.(7)

Die durchschnittliche Wirkdauer der erfolgreichen Blockaden war in der Gruppe Nervenstimulation mit 14h 3min eine gute halbe Stunde länger als bei den sonogesteuerten ISB-Anlagen mit 13h 24min beziehungsweise über 2,5 Stunden länger als bei der kombinierten Anwendung beider Verfahren mit 11h 28min. Trotz der deutlichen Tendenz zu Ungunsten dieser Methode war der Unterschied statistisch nicht relevant. Der Anteil der Patienten, bei denen die Blockadewirkung mindestens 8 Stunden angehalten hatte, war bei den mithilfe der Nervenstimulation angelegten Plexusanästhesien mit 81% allerdings signifikant höher als bei dem kombinierten Verfahren. Der Unterschied zu den sonogesteuerten Blockaden, bei denen zu 72% eine Wirkdauer von mehr als 8 Stunden angegeben wurde, war nicht signifikant. Im Vergleich dazu fanden Tamosiunas et al. in ihrer Untersuchung eine Wirkdauer von durchschnittlich 7 Stunden bei den mithilfe der Nervenstimulation angelegten interskalenären Blockaden.(57) In der 2004 an unserer Klinik durchgeführten Studie über sonogesteuerte ISB-Anlagen zeigte sich dagegen eine Dauer von 10 bis 14 Stunden bis zum Abklingen der Nervenblockade.(48)

Da sich weder hinsichtlich des Blockadeerfolgs noch bezüglich der postoperativen Schmerzintensitäten, der Art der ersten postoperativen Schmerzmedikation, der Aufenthaltszeit im Aufwachraum oder der Wirkdauer der Blockade signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten, scheint die Qualität der sonogesteuerten und der mit Nervenstimulation durchgeführten Nervenblockaden gleichwertig zu sein. Die deutlich kürzere Wirkdauer der in Kombination von Nervenstimulation und Sonografie durchgeführten ISB-Anlagen zeigt eine geringere Effektivität dieses Verfahrens. Als mögliche Ursache dafür können schwierige anatomische Verhältnisse oder eine schlechte elektrische Stimulierbarkeit aufgrund unerkannter neurologischer

Erkrankungen diskutiert werden. Allerdings fehlen Daten, um diese Annahme untermauern zu können.

4.1.3. Patientenbefragung

Schmerzen bei der Durchführung der Nervenblockade wurden häufiger von Patienten angegeben, bei denen die Nervenstimulation alleine (8,7%) beziehungsweise in Kombination mit Ultraschall (10,6%) angewendet wurde, als von Patienten, die rein sonogesteuerte Plexusblockaden erhielten (5,2%). Lokalisiert wurden die Schmerzen in allen drei Gruppen überwiegend in den Hals, das heißt in die Nähe der Einstichstelle. Dies lässt darauf schließen, dass die Punktion als schmerzhaft empfunden wurde.

Das Auftreten von Parästhesien wurde in der Gruppe „Nervenstimulation“ fast viermal und bei der kombinierten Methode mehr als fünfmal so häufig beschrieben wie bei den sonogesteuerten ISB-Anlagen. Hier lag der Anteil nur bei 4,7% gegenüber 18,2% beziehungsweise 25,8%. Dieser Unterschied zeigt, dass der Verzicht auf die Nervenlokalisierung durch elektrische Stimulation für die Patienten mit deutlich weniger Missempfindungen verbunden und damit angenehmer ist. Zudem kann durch das Vermeiden von Parästhesien, ausgelöst durch direkten Kontakt der Nadel zum Nerven, eine größere Sicherheit hinsichtlich möglicher Nervenschädigungen erreicht werden. Unser Ergebnis bestätigt die Erkenntnis vorausgegangener Studien. Soeding et al. zeigten in ihrer Untersuchung das signifikant reduzierte Auftreten von Parästhesien bei der Anlage von ultraschallgestützten interskalenären sowie axillären Blockadeanlagen: 5% gegenüber 25% der Patienten in der Kontrollgruppe „Nervenstimulation“.(56) Schmerzhafte Parästhesien wurden bei Karaca et al. nicht angegeben, dafür jedoch ein dumpfes Gefühl bei 55% der Patienten während der elektrischen Nervenstimulation und bei 71% leichte Parästhesien bei der anschließenden Injektion des Lokalanästhetikums.(26) In der Studie von Schwemmer et al. wurden während der sonogesteuerten ISB-Anlage in 22% der Fälle Parästhesien beschrieben, die jedoch nach Korrektur

der Kanülenposition sofort komplett reversibel waren.(48) Erklärbar ist dieses reduzierte Auftreten von Parästhesien bei der Nutzung des Ultraschalls dadurch, dass, verglichen mit der Nervenstimulation, zur Lokalisation des Plexus brachialis eine weniger starke Annäherung der Nadelspitze an die Nerven notwendig ist.

Das Weiterbestehen von Kraftlosigkeit, Empfindsamkeit oder Gefühllosigkeit nach dem Abklingen der Blockade wurde in allen drei Gruppen etwa gleich häufig von knapp 10% der Patienten angegeben. Neurologische Störungen können durch die Operation selbst bedingt sein oder als Folge einer durch die ISB-Anlage verursachten Nervenirritation auftreten. Allerdings gaben nur sechs Patienten (2,5%) der Gruppe „Nervenstimulation“ und jeweils zwei Patienten der Gruppen „Sonografie“ (1%) und „Nervenstimulation plus Sonografie“ (3%) gleichzeitig Schmerzen oder Parästhesien bei der Durchführung der Plexusblockade und neurologische Defizite nach Abklingen der Blockadewirkung an. Somit zeigte sich bei den Verfahren der elektrischen Nervenstimulation ein engerer Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Parästhesien bei der ISB-Anlage und sich anschließenden neurologischen Komplikationen. Diese bildeten sich jedoch in 84,4% der Fälle noch während des Krankenhausaufenthaltes innerhalb von drei Tagen beziehungsweise bei 11,1% der Patienten innerhalb von einer Woche nach der Operation vollständig zurück. Bei einer Patientin bestand nach der sonogesteuerten Blockadeanlage bei einer offenen Schulteroperation über mehrere Wochen eine Hypästhesie der Finger IV und V. In der neurologischen Nachuntersuchung wurde eine inkomplette Druckläsion des N.ulnaris in Höhe des Sulcus ulnaris diagnostiziert und eine Lähmung des Plexus brachialis ausgeschlossen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass dieses neurologische Defizit durch die Operation - eine Plattenentfernung mit reverser Endoprothese nach Grammont bei Zustand nach Plattenosteosynthese bei Humerusfraktur - bedingt wurde. Nach 6 Monaten war die neurologische Störung komplett abgeklungen. Eine andere Patientin klagte nach einer mithilfe der Nervenstimulation durchgeführten Plexusblockade bei einer offenen Schulteroperation über fortbestehende Dys- und Hypästhesien der Finger I bis III sowie eine partielle Parese des Daumens

und Zeigefingers. In diesem Fall wurde elektrophysiologisch eine Läsion der kranialen Anteile des Plexus brachialis nachgewiesen. Die Ursache hierfür blieb unklar, es kommt die interskalenäre Blockade ebenso wie der operative Eingriff - ebenfalls eine reverse Endoprothese nach Grammont - in Frage. Auch zwei Jahre nach der Operation bestand das neurologische Defizit weiter fort. Die niedrigere Inzidenz von neurologischen Störungen in unserer Untersuchung in allen Untersuchungsgruppen bestätigt die hohe Sicherheit der Plexus brachialis Blockade. Schwemmer et al. dokumentierten in ihrer Untersuchung nach den mit sonografischer Unterstützung durchgeführten Plexusblockaden bei drei Patienten (6%) eine neurologische Schädigung, jedoch mit kompletter Rückbildung innerhalb von drei Tagen.(48) Vergleichbar mit diesem Ergebnis berichtete bei Casati eine Woche nach der mithilfe der Nervenstimulation angelegten ISB kein Patient über eine neurologische Dysfunktion.(9) 2,3% der mit einer nervenstimulationsgesteuerten interskalenären Blockadeanlage versorgten Patienten gaben in der Studie von Bishop et al. nach zwei Wochen fortbestehende Parästhesien sowie Taubheitsgefühle an. Bis auf persistierende Parästhesien bei einem Patienten bildeten sich in allen anderen Fällen die Symptome innerhalb von durchschnittlich 9 Wochen zurück.(3) Ähnlich sind die Ergebnisse von Urban et al., die nach mithilfe der Nervenstimulation angelegten interskalenären Blockaden bei 9% der Patienten am ersten Tag, bei 3% nach zwei Wochen und bei einem Patienten (0,4%) länger als vier Wochen weiterbestehende neurologische Auffälligkeiten zeigten.(60) Häufiger wurde in der Untersuchung von Borgeat über Komplikationen nach den mit elektrischer Stimulation durchgeführten interskalenären Nervenblockaden berichtet. Nach 10 Tagen gaben 14% der Patienten Parästhesien, Dysästhesien oder vom operativen Eingriff unabhängige Schmerzen an, nach einem Monat noch 7,9%, nach 3 Monaten 3,9%, nach 6 Monaten 0,9% und nach 9 Monaten 0,2%.(5) Hinsichtlich des Vorkommens von Atemproblemen nach der Blockade ließ sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Verfahren nachweisen. In der Gruppe „Nervenstimulation“ gaben 5,8%, in der Gruppe „Sonografie“ 8,9% und beim kombinierten Verfahren 6,1% der Patienten Atembeschwerden nach der Operation an. Als Hauptursache hierfür ist die

Parese des Nervus phrenicus zu nennen. Dieser verläuft sehr nahe an den Plexusstrukturen auf dem vorderen Skalenusmuskel. Durch diese enge räumliche Beziehung ist die Lähmung dieses Nerven eine methodenspezifische Nebenwirkung bei interskalenären Blockaden. In der Untersuchung von Sala-Blanch trat eine Phrenikusparese, gemessen durch Spirometrie und Zwerchfellexkursionen, in allen Fällen auf.(45) Auch bei Urmeij et al. ließ sich eine zu 100% auftretende ipsilaterale Lähmung des Nervus phrenicus durch Messung der Zwerchfellbewegung objektivieren.(61) Atemprobleme gab bei Sala-Blanch kein Patient an (45), während in der Studie von Urmeij 38,5% der Patienten nach der Nervenblockade leichte Dyspnoe oder eine veränderte Atmung beschrieben.(61) Vergleichbar mit unseren Ergebnissen traten klinisch symptomatische Phrenikusparesen, entsprechend der Angabe von subjektiver Atemnot, in der Untersuchung von Meier et al. bei 3,3%(34) und bei Dewees et al. bei 15%(14) der Patienten auf. Brandl und Taeger konnten in ihrer Studie bei 10% der Patienten eine Phrenikusparese radiologisch durch einen Zwerchfelldiaphragmahochstand sichern, wobei der Röntgen-Thorax nur bei der klinischen Angabe von Atembeschwerden durchgeführt wurde und somit eine Dunkelziffer an klinisch asymptomatischen Lähmungen des Nervus phrenicus bestand.(7) In den aufgeführten Untersuchungen wurde jeweils die Nervenstimulation zur ISB-Anlage verwendet. Dagegen stellten Schwemmer et al. bei ultraschallgesteuerten interskalenären Blockaden bei 6% der Patienten klinische Zeichen einer Phrenikusparese fest, wobei in einem Fall der Zwerchfelldiaphragmahochstand auch radiologisch nachgewiesen werden konnte.(48)

Die globale Zufriedenheit der Patienten, gemessen an der Beantwortung der Frage, ob sie sich dieser Nervenblockade noch einmal unterziehen würden, war in der Gruppe „Sonografie“ mit 96,9% am höchsten gegenüber 95,9% in der Gruppe „Nervenstimulation“ und 90,9% beim kombinierten Verfahren. Dies ist durch die längere Dauer der ISB-Anlage mit häufigerem Auftreten von Schmerzen und Parästhesien in dieser Gruppe erklärbar. Bei Brandl und Taeger lag die Zufriedenheit der Patienten mit der unter elektrischer Nervenstimulation angelegten interskalenären Blockade bei 84%. 11% waren unentschieden, während 5% die Interskalenusblockade ablehnten. Zu dieser

Gruppe zählten 5 der 8 Patienten, bei denen die Regionalanästhesie gescheitert war. Ähnlich wie in unserer Studie wurde die ISB jeweils am wachen und mit Benzodiazepinen prämedizierten Patienten mit anschließender Allgemeinanästhesie durchgeführt.(7) Meier et al. zeigten eine Akzeptanz der mithilfe der Nervenstimulation angelegten ISBs mit Katheter von 96,7%.(34) Unsere Ergebnisse bestätigen die hohe Patientenakzeptanz der interskalenären Blockaden und zeigen, dass kein statistisch relevanter Unterschied zwischen den beiden Verfahren der Nervenlokalisierung bestand.

Als Anmerkung berichteten die Patienten der Gruppe „Nervenstimulation“ häufiger über weitere methodenspezifische Nebenwirkungen der interskalenären Blockade, wie Heiserkeit durch die Lähmung des N.laryngeus recurrens und das durch die Blockade des sympathischen Ganglion stellatum verursachte Horner-Syndrom. Außerdem gaben in dieser Gruppe mehrere Patienten an, die Durchführung der Nervenblockade, insbesondere das Muskelzucken, als unangenehm empfunden zu haben. Eine besonders lange Dauer der ISB-Anlage merkten hauptsächlich Patienten an, bei denen das kombinierte Verfahren zur Anwendung kam. Obwohl diese Anmerkungen nicht statistisch ausgewertet wurden, war anhand der freien Kommentare der Patienten erkennbar, dass nach den sonogesteuerten Nervenblockaden weniger unerwünschte Mitblockaden anderer Nerven oder Unannehmlichkeiten angeführt wurden als in den anderen beiden Gruppen.

4.2. Diskussion der Fehlermöglichkeiten

In unserer Untersuchung erfolgte die Zuteilung der Patienten zu der Gruppe „Nervenstimulation“ beziehungsweise „Sonografie“ nicht randomisiert sondern zufällig. Jeder Anästhesist entschied sich für die Methode der ISB-Anlage, die er am besten beherrschte, um die optimale Patientenbehandlung zu erreichen. Bei Problemen mit der gewählten Technik wurde die zweite Methode additiv eingesetzt. Waren die Zielstrukturen im Ultraschallbild nicht sicher identifizierbar, wurde die Nervenstimulation und bei nicht eindeutiger

Nervendetektion durch elektrische Stimulation die Ultraschallbildgebung mitverwendet. Die Randomisierung der Studie konnte ohne eine Beeinträchtigung des klinischen operativen Ablaufs nicht erfolgen. Der Einfluss der fehlenden Randomisierung wird durch die lange Untersuchungsdauer und die hohe Fallzahl in ausreichendem Maß reduziert. Aus diesem Grund erfolgte die Untersuchung als Qualitätskontrolle über einen langen Zeitraum.

Die Vergleichbarkeit der drei Gruppen bezüglich Alter, Geschlecht, ASA-Klassifikation, Operationsart und -dauer war gegeben. Es muss jedoch bedacht werden, dass die Anästhesisten mit sehr unterschiedlicher Qualifikation die Blockaden durchführten, da sie im Rahmen der Ausbildungsrotation in diesem Bereich eingesetzt waren. Vor allem die Sonografie erfordert Erfahrung, und die Identifikation der Zielstrukturen ist damit direkt vom Untersucher abhängig. Neben der Kenntnis der abgebildeten anatomischen Strukturen ist die richtige Bildeinstellung und Schnittebene von entscheidender Bedeutung, um die Punktionskanüle unter Sicht zum Ziel zu führen. Der sichere Umgang mit der elektrischen Nervenstimulation ist für den Untersucher einfacher. Allerdings können neurologische Erkrankungen sowie Krankheitsbilder, die zu einer Veränderung der sensiblen und motorischen Fähigkeit führen, das Verfahren stark beeinflussen. Beispielsweise können Neuropathien im Rahmen eines Diabetes mellitus dazu führen, dass die Elektrostimulation nicht zur erfolgreichen Nervendetektion eingesetzt werden kann.

Die Definition der Blockadeversager beinhaltet eine weitere Fehlerquelle. Der Blockadeerfolg wurde vor der Narkoseeinleitung nicht durch eine Prüfung der sensiblen und motorischen Ausfälle festgestellt. ISB-Anlagen, die eine zusätzliche intraoperative beziehungsweise noch im Aufwachraum erfolgende Opiatgabe brauchten, wurden als Blockadeversager gewertet. Es ist jedoch möglich, dass trotz vollständiger Blockadewirkung aus anderen Gründen zusätzliche Opiate verabreicht wurden. Mögliche Gründe dafür sind ein komplikationsreicher Eingriff, Schmerzreize außerhalb des Operationsgebietes oder eine mangelnde Anästhesietiefe.

Die aus den Anästhesieprotokollen übernommenen Zeitangaben zur Berechnung der Zeitdauer für die Durchführung der Nervenblockade, der

Operationsdauer, der Aufenthaltszeit im Aufwachraum sowie der Dauer bis zur ersten Schmerzmedikation beinhalten ebenfalls Fehlermöglichkeiten. Ungenauigkeiten in der Dokumentation sind vor allem dadurch bedingt, dass die Angabe der Uhrzeit nicht minutengenau sondern in 5-Minuten-Intervallen erfolgte und dass die Zeiten teilweise erst nachträglich eingetragen wurden. Äußere Umstände, wie beispielsweise eine Verzögerung der Verlegung aus dem Aufwachraum aufgrund personeller Engpässe oder fehlender Übernahmemöglichkeit auf der Station, beeinflussen die Prozesszeiten direkt. Die Wirkdauer der interskalenären Blockade wurde von den Patienten teilweise noch am Operationstag, teilweise auch erst am ersten oder zweiten postoperativen Tag erfragt. Die Ungenauigkeit liegt darin, dass sich die Patienten meist nicht mehr an den exakten Zeitpunkt des Abklingens der Plexusanästhesie erinnern konnten. Problematisch war außerdem die unterschiedliche Definition der Beendigung des Blockadeeffektes durch die Patienten. Für einige bedeutete das erste Verspüren von Kribbeln, für andere erst die volle Wiederherstellung der Sensibilität das Ende der Wirkung. Bei der Auswertung der Ergebnisse bezüglich des Auftretens von Atemproblemen und neurologischen Defiziten nach Abklingen der Blockadewirkung muss bedacht werden, dass diese Nebenwirkungen nicht objektiv untersucht, sondern von den Patienten nach subjektivem Empfinden angegeben wurden. Zudem könnten für diese Komplikationen auch der operative Eingriff, die Allgemeinanästhesie oder Vorerkrankungen ganz unabhängig von der Methode der ISB-Anlage ursächlich sein.

5. Zusammenfassung

Die Verwendung des Ultraschalls zur Durchführung von interskalenären Blockaden ist im Vergleich zur Nervenstimulation ein neueres Verfahren, das die direkte Visualisierung der Ziel- und umgebenden Strukturen und den Verzicht auf elektrische Nervenreizung ermöglicht.

Während beide Methoden der ISB-Anlage durchschnittlich in etwa dieselbe Zeit in Anspruch nahmen, traten bei dem ultraschallgestützten Verfahren weniger häufig Schmerzen und Parästhesien auf. In der Gruppe „Nervenstimulation“ wurde zudem das durch die elektrische Nervenreizung verursachte Muskelzucken von mehreren Patienten als unangenehm empfunden. Das kombinierten Verfahrens nahm deutlich mehr Zeit in Anspruch und löste am häufigsten Parästhesien aus.

Der Blockadeerfolg war in der Gruppe „Nervenstimulation“ tendenziell - jedoch nicht signifikant - größer als in der Ultraschallgruppe. Die Effektivität der interskalenären Blockaden, gemessen an der postoperativen Schmerzintensität, der Substanzklasse der ersten Schmerztherapie, der Aufenthaltszeit im Aufwachraum und der Wirkdauer der Nervenblockade zeigte keinen statistisch relevanten Unterschied zwischen den Gruppen. Nur die Zeitdauer von der Freigabe bis zur ersten postoperativen Schmerzmedikation war bei den mithilfe der Nervenstimulation angelegten ISBs signifikant länger als in den beiden anderen Gruppen.

Bezüglich der untersuchten Nebenwirkungen, wie ein verlängertes neurologisches Defizit und Atembeschwerden durch Phrenikusparese, sowie hinsichtlich der Patientenzufriedenheit ließ sich kein Unterschied zwischen den Blockadeverfahren nachweisen.

Es wurde gezeigt, dass die sonogesteuerte Durchführung der interskalenären Blockade von den Patienten als angenehmer empfunden wurde als die ISB-Anlage mithilfe der Nervenstimulation beziehungsweise der Kombination beider Verfahren. Bezüglich Effektivität, Nebenwirkungen und allgemeiner Patientenzufriedenheit zeigten sich keine Unterschiede.

Wichtigste Vorteile der sonogesteuerten Technik für die Blockadeanlage sind die visuelle Darstellung der Ziel- und umgebenden Strukturen und die Durchführung der Punktion und Injektion des Lokalanästhetikums unter Sicht. Damit können auch bei anatomischen Variationen Begleitstrukturen sicher geschont werden, wodurch sich gravierende Nebenwirkungen verhindern lassen. Durch den Verzicht auf die elektrische Nervenstimulation ist die ISB-Anlage für den Patienten angenehmer. Die Entwicklung portabler Ultraschallgeräte ermöglicht die Durchführung einer Regionalanästhesie im Einleitungsraum ohne logistischen und zeitlichen Aufwand. Ein Nachteil der sonogesteuerten Blockadeanlagen ist allerdings der hohe Investitionsaufwand für die Geräte. Durch eine Mehrfachnutzung, beispielsweise für ZVK-Anlagen, intraoperative Sonografie oder den Einsatz auf Intensivstationen können diese Kosten relativiert werden.

Insgesamt stellt die Sonografie bei der Anlage von interskalenären Blockaden eine gleichwertige Alternative zur Nervenstimulation dar.

Literaturverzeichnis

- 1 Altintas F, Gumus F, Kaya G, Mihmanli I, Kantarci F, Kaynak K, Cansever MS
Interscalene brachial plexus block with bupivacaine and ropivacaine in patients with chronic renal failure: diaphragmatic excursion and pulmonary function changes
Anesth Analg, 2005, 100(4):1166-1171
- 2 Ansbro FP
A method of continuous brachial plexus block
Am J Surg, 1946, 71:716-722
- 3 Bishop JY, Sprague M, Gelber J, Krol M, Rosenblatt MA, Gladstone J, Flatow EL
Interscalene regional anesthesia for shoulder surgery
J Bone Joint Surg, 2005, 87A(5):974-979
- 4 Bollini CA, Urmey WF, Vascello L, Cacheiro F
Relationship between evoked motor response and sensory paresthesia in interscalene brachial plexus block
Reg Anesth Pain Med, 2003, 28(5):384-388
- 5 Borgeat A, Ekatodramis G, Kalberer F, Benz C
Acute and nonacute complications associated with interscalene block and shoulder surgery
Anesthesiology, 2001, 95:875-880
- 6 Borgeat A, Perschak H, Bird P, Hodler J, Gerber C
Patient-controlled interscalene analgesia with ropivacaine 0,2% versus patient-controlled intravenous analgesia after major shoulder surgery: effects on diaphragmatic and respiratory function
Anesthesiology, 2000, 92(1):102-108
- 7 Brandl F, Taeger K
Die Kombination von Allgemeinanästhesie und Interskalenusblockade bei Operationen an der Schulter
Anaesthesist, 1991, 40(10):537-42
- 8 Burnham PJ
Simple regional nerve block for surgery for the hand and forearm
JAMA, 1959, 169:941-943
- 9 Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Beccaria P, Magistris L, Borghi B, Torri G
A clinical comparison of ropivacaine 0,75%, ropivacaine 1% or bupivacaine 0,5% for interscalene brachial plexus anaesthesia
Eur J Anaesthesiol, 1999, 16:784-789
- 10 Chan VWS
Applying ultrasound imaging to interscalene brachial plexus block
Reg Anesth Pain Med, 2003, 28(4):340-343
- 11 Chan VWS, Perlas A, Rawson R, Odukoya O
Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block
Anesth Analg, 2003, 97:1514-1517
- 12 De Jong RH
Axillary block of the plexus brachialis
Anesthesiology, 1961, 22:215-225

- 13 Demondion X, Herbinet P, Boutry N, Fontaine C, Francke J, Cotton A
Sonographic mapping of the normal brachial plexus
AJNR, 2003, 24:1303-1309
- 14 Dewees JL, Schultz CT, Wilkerson FK, Kelly JA, Biegner AR, Pellegrini JE
Comparison of two approaches to brachial plexus anesthesia for proximal upper
extremity surgery: interscalene and intersternocleidomastoid
AANA Journal, June 2006, 74(3):201-206
- 15 Dullenkopf A, Zingg P, Curt A, Borgeat A
Funktionsverlust der oberen Extremität nach Bankart-Schulteroperation unter
Interscalenus-Blockade und Allgemeinanästhesie
Anaesthesist, 2002, 51: 547-551
- 16 Eroglu A, Uzunlar H, Sener M, Akinturk Y, Eriçyes N
A clinical comparison of equal concentration and volume of ropivacaine and bupivacaine
for interscalene brachial plexus anesthesia and analgesia in shoulder surgery
Reg Anesth Pain Med, 2004, 29(6):539-543
- 17 Fornage BD
Peripheral nerves of the extremities: imaging with US
Radiology, 1988, 167:179-182
- 18 Fujimura N, Namba H, Tsunoda K, Kawamata T, Taki K, Igarasi M, Namiki A
Effects of hemidiaphragmatic paresis caused by interscalene brachial plexus block on
breathing pattern, chest wall mechanics and arterial blood gases
Anesth Analg, 1995,81:962-966
- 19 Funk W, Angerer M, Sauer K, Altmeppen J
Plexus brachialis - Langanhaltendes neurologisches Defizit nach interscalenärer
Blockade des Plexus brachialis
Anaesthesist, 2000, 49:625-628
- 20 Gohlke F, Goebel S, Schwemmer U
Perioperative Schmerzbehandlung in der Schulterchirurgie
Z Orthop Unfallchir, 2005, 143:382-385
- 21 Greenblatt GM, Denson JS
Needle nerve stimulator/locator: nerve blocks with a new instrument for locating nerves
Anesth Analg, 1962, 41:599-602
- 22 Greher M, Retzl G, Niel P, Kamolz L, Marhofer P, Kapral S
Ultrasonographic assessment of topographic anatomy in volunteers suggests a
modification of the infraclavikular vertical brachial plexus block
Br J Anaesth, 2002, 88:632-636
- 23 Hadzic A, Vloka JD, Claudio RE, Hadzic N, Thys DM, Santos AC
Electrical Nerve Localization
Anesthesiology, 2004, 100:1526-1530
- 24 Hirschel G
Die Anästhesierung des Plexus brachialis bei Operationen der oberen Extremität
Münch Med Wschr, 1911, 58:1555-1556
- 25 Kaiser H, Niesel HC, Hans V
Grundlagen und Anforderungen der peripheren elektrischen Nervenstimulation
Reg Anesth, 1990, 13:143-147

- 26 Karaca P, Hadzic A, Yufa M, Vloka JD, Brown AR, Visan A, Sanborn K, Santos AC
Painful paresthesiae are infrequent during brachial plexus localization using low-current peripheral nerve stimulation
Reg Anesth Pain Med, 2003, 28(5):380-383
- 27 Kapral S, Krafft P, Eibenberger K, Fitzgerald R, Gosch M, Weinstabl C
Ultrasound-guided supraclavicular approach for regional anesthesia of the brachial plexus
Anesth Analg, 1994, 78(3):507-513
- 28 Kempen PM, O'Donnell J, Lawler R
Acute respiratory insufficiency during interscalene plexus block
Anesth Analg, 2000, 90:1415-1416
- 29 Kilka HG, Geiger P
Die vertikale infraclavikuläre Blockade des Plexus brachialis
Anaesthesist, 1995, 44:339-344
- 30 Klein SM, Greengrass RA, Steele SM, D'Ercole FJ, Speer KP, Gleason DH, DeLong ER, Warner DS
A comparison of 0,5 bupivacaine, 0,5 ropivacaine, 0,75 ropivacaine for interscalene brachial plexus block
Anesth Analg 1998,87(6):1316-1319
- 31 Kulenkampff D
Die Anästhesierung des Plexus brachialis
Zentralblatt Chir, 1911, 38:1337
- 32 Larsen R
Anästhesie
Urban&Fischer Verlag, 8.Auflage 2006
- 33 Marhofer P, Greher M, Kapral S
Ultrasound guidance in regional anaesthesia
Br J Anaesth, 2005, 94(1):7-17
- 34 Meier G, Bauereis C, Heinrich C
Der interskalenäre Plexuskatheter zur Anästhesie und postoperativen Schmerztherapie
Anaesthesist, 1997, 46:715-719
- 35 Meier G, Bauereis C, Maurer H, Meier T
Interskalenäre Plexusblockade: Anatomische Voraussetzungen - anästhesiologische und operative Aspekte
Anaesthesist 2001, 50:333-341
- 36 Moore DC
No paresthesia-no anesthesia- the nerve stimulator or neither
Reg Anesth, 1997, 22:388-390
- 37 Neuburger M, Rotzinger M, Kaiser H
Elektrische Nervenstimulation in Abhängigkeit von der benutzten Impulsbreite
Anaesthesist, 2001, 50:181-186
- 38 Niesel HC, van Aken H
Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie
Georg Thieme Verlag, 2.Auflage 2003

- 39 Ootaki C, Hayashi H, Amano M
Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: an alternative technique to anatomical landmark-guided approaches
Reg Anesth Pain Med, 2000, 25600-604
- 40 Perlas A, Chan VWS, Simons M
Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation
Anesthesiology; 2003, 99:429-435
- 41 Perthes G
Über Leitungsanästhesie unter Zuhilfenahme elektrischer Reizung
Münch Med Wschr, 1912, 47:2545-2551
- 42 Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W
Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus
Anesth Analg, 2001, 92:1271-1275
- 43 Roewer N, Thiel H
Anästhesie compact
Georg Thieme Verlag, 2.Auflage 2001
- 44 Rossaint R, Werner C, Zwißler B
Die Anästhesiologie
Springer Verlag, 2004
- 45 Sala-Blanch X, Lazaro JR, Correa J, Gomez-Fernandez M
Phrenic nerve block caused by interscalene brachial plexus block: effects of digital pressure and a low volume of local anesthetic
Reg Anesth Pain Med, 1999, 24(3):231-235
- 46 Satzinger W
Informationen für das Qualitätsmanagement im Krankenhaus: zur Funktion und Methodik von Patientin- und Personalbefragungen
Medizinische Klinik, 2002, 97:104-110
- 47 Schwemmer U, Brederlau J, Azet H, Zimmermann P, Roewer N
Ultraschallverfahren zur Blockade des Plexus brachii
Anästhesie CME, 1-2005, Beitrag 5
- 48 Schwemmer U, Greim CA, Boehm TD, Papenfuss T, Markus CK, Roewer N, Gohlke F
Perioperative Schmerzbehandlung in der Schulterchirurgie
Schmerz, 2004, 18:475-480
- 49 Scott DB, Lee A, Fagan D, Bowler GMR, Bloomfield P, Lundh R
Acute Toxicity of Ropivacaine compared with that of Bupivacaine
Anesth Analg, 1989, 69:563-569
- 50 Selander D
Catheter technique in axillary plexus block
Acta Anaesthesiol Scand, 1977, 21:324-329
- 51 Selander D
Peripheral nerve injury due to injection needles used for regional anesthesia
Acta Anaesthesiol Scand, 1977, 21:182-187
- 52 Selander D, Edshage S, Wolff T
Paresthesiae or no paresthesiae? Nerve lesions after axillary blocks
Acta Anaesthesiol Scand, 1979, 23(1):27-33

- 53 Sheppard DG, Iyer RB, Fenstermacher MJ
Brachial plexus: demonstration at US
Radiology, 1998, 208(2):402-406
- 54 Silverstein WB, Saiyed MU, Brown AR
Interscalene block with a nerve stimulator: a deltoid motor response is a satisfactory endpoint for successful block
Reg Anesth Pain Med, 2000, 25(4):356-359
- 55 Silvestri E, Martinoli C, Derchi LE, Bertolotte M, Chiaramondia M, Rosenberg I
Echotexture of peripheral nerves: correlation between US and histologic findings and criteriatio differentiate tendons
Radiology, 1995, 197:291-296
- 56 Soeding PE, Sha S, Royse CE, Marks P, Hoy G, Royse AG
A randomized trial of ultrasound-guided brachial plexus anaesthesia in upper limb surgery
Anaesth Intensive Care, 2005, 33(6):719-725
- 57 Tamosiunas R, Marchertiene I, Skikas L
Interscalene brachial plexus block for shoulder surgery
Medicina (Kaunas), 2004, 40(7):644-649
- 58 Tessler MJ, Mitmaker L, Wahba RM, Covert CR
Patient flow in the Post Anesthesia Care Unit: an observational study
Can J Anaesth. 1999, 46(4):348-51
- 59 Tonidandel WL, Mayfield JB
Successful interscalene block with a nerve stimulator may also result after a pectoralis major motor response
Reg Anesth Pain Med, 2002, 27(5):491-493
- 60 Urban MK, Urquhart B
Evaluation of brachial plexus anesthesia for upper extremity surgery
Reg Anesth, 1994, 19(3):175-82
- 61 Urmey WF, Talts KH, Sharrock NE
One hundred percent incidence of hemidiaphragmatic paresis associated with interscalene brachial plexus anesthesia as diagnosed by ultrasonography
Anesth Analg, 1991, 72:498-503
- 62 Vester-Andersen T, Christiansen C, Hansen A, Sørensen M, Meisler C
Interscalene brachial plexus block: area of analgesia, complications and blood concentrations of local anesthetics
Acta Anaesthesiol Scand, 1981, 25(2):81-84
- 63 Williams SR, Chouinard P, Arcand G, Harris P, Ruel M, Boudreault D, Girard F
Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block
Anesth Analg, 2003, 97:1518-1523
- 64 Winnie AP
Interscalene brachial plexus block
Anesth Analg, 1970, 49:455-466
- 65 Wüthrich-Schneider E
Patientenzufriedenheit-Wie messen? Teil 2: Theoretische Aspekte
Schweizerische Ärztezeitung, 2000, 81(21):1116-1119

- 66 Yang WT, Chui PT, Metreweli C
Anatomy of the normal brachial plexus revealed by sonography and the role of
sonographic guidance in anesthesia of the brachial plexus
AJR, 1998, 171:1631-1636
- 67 Meier G, Büttner J
Interskalenäre Plexusblockade
Informationsblatt Astra Zeneca
- 68 www.heidelberger-institut.org/Umfragen/patientenzufriedenheit.html
- 69 www.q-m-a.de/3patientensicht/2einzelne_aspekte



Aufklärungsbogen - Einverständniserklärung

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

sie werden sich in den nächsten Tagen einer Operation unterziehen. Um den Eingriff schmerzfrei durchführen zu können, bedarf es einer Anästhesie.

Für den bei Ihnen geplanten Eingriff kommt neben der Allgemeinanästhesie/Zentraler Nervenblockade auch eine Blockade der das Operationsgebiet versorgenden Nerven in Frage. Dazu wird ein örtliches Betäubungsmittel an die Nerven gespritzt und so die Schmerzleitung für die Dauer der Wirkung unterbrochen. Der Erfolg solch einer Blockade ist von der Genauigkeit des Auffindens der Nerven direkt abhängig. Neben der elektrischen Nervenstimulation, bei der über kleinste Stromimpulse und darauf reagierende Muskelzuckungen die Punktionskanüle in unmittelbare Nähe zum Nerv gebracht wird, besteht auch die Möglichkeit der Sichtbarmachung der Nerven mittels Ultraschall. Dabei wird die Punktionskanüle unter Sicht an den Nerv angenähert und das örtliche Betäubungsmittel injiziert. Neben der Sichtbarkeit der Nerven können auch in der Nähe liegende Strukturen wie z.B. Gefäße dargestellt werden und so die Gefahr unbeabsichtigter Verletzungen weiter reduziert werden.

Die ultraschallgestützte Methode stellt einen neuen und im Hinblick auf die Erhöhung von Sicherheit, Patientenkomfort und Blockadeerfolg sehr untersuchungswerten und zukunftsweisenden Zugangsweg für die peripheren Nerven dar.

Um dieses Verfahren weiter untersuchen zu können, benötigen wir Ihre Mithilfe. Durch die Zustimmung, bei Ihnen die Nervenblockade ultraschallgesteuert durchführen zu dürfen und Ihr Einverständnis, Qualität und Wirkdauer der Blockade untersuchen zu dürfen, helfen Sie mit, unsere wissenschaftlichen Fragestellungen zu bearbeiten.

Die Untersuchung erfüllt alle datenschutzrechtlichen und wissenschaftlichen Erfordernisse.

Sollten Sie – aus welchen Gründen auch immer – kurzfristig die Teilnahme widerrufen, so wird dies für Sie keine Nachteile haben.

Direktion:
Prof. Dr. N. Roewer
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 01 20

Vorzimmer:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 01 21
Fax: (09 31) 2 01 - 3 04 44

Sekretariat:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 01 22
Fax: (09 31) 2 01 - 3 01 29

Anästhesiologische Intensivstation:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 03 59
Fax: (09 31) 2 01 - 3 01 31

Anästhesie-Leitstelle:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 03 65
Fax: (09 31) 2 01 - 3 00 25

Präklinische Notfallmedizin:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 01 24
Fax: (09 31) 2 01 - 3 03 54

Schmerzambulanz:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 01 35
Fax: (09 31) 2 01 - 3 01 39

Prämedikationsambulanz:
Tel.: (09 31) 2 01 - 2 45 29

Maligne-Hyperthermie-Ambulanz:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 02 86
Fax: (09 31) 2 01 - 3 01 29

Zentrale Notaufnahme:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 03 60

Simulationsmedizin:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 03 58
Fax: (09 31) 2 01 - 3 01 29

IT-Bereich:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 03 48
Fax: (09 31) 2 01 - 3 01 31

Forschungslabor:
Tel.: (09 31) 2 01 - 3 00 31
Fax: (09 31) 2 01 - 3 01 29

(Ort, Datum)

(Patientenname)

(Arzt)



Patientenfragebogen ISB (Schulter-OP)

Wann wurden Sie operiert?

Hatten Sie Schmerzen bei der Durchführung der Nervenblockade?

- nein ja, und zwar im Bereich:

Haben Sie ein „Elektrisieren“ oder Kribbeln bei der Anlage der Nervenblockade gespürt?

- nein ja, und zwar im Bereich:

Blieb eine Region des Armes nach Abklingen der Nervenblockade für längere Zeit kraftlos, besonders empfindlich oder gefühllos?

- nein ja, und zwar im Bereich:

Hatten Sie Atemprobleme in der Zeit nach der Blockade?

- nein ja, und zwar auf der
- operierten Seite
 - anderen Seite
 - beiden Seiten

Bis wann hat die Nervenblockade angehalten?

	Datum	Uhrzeit
--	-------	---------

Würden Sie sich im Falle der Notwendigkeit wieder dieser Nervenblockade unterziehen?

- nein ja

Haben Sie anderweitige Anmerkungen zu der Nervenblockade?

- nein ja



Auswertebogen ISB

Patientendaten

Initial	<input type="radio"/> W <input type="radio"/> M	Geburtsdatum	OP-datum	Protokollnummer	Lfd. Nummer intern
		T T M M J J J J	T T M M 2 0 0		I S
Diagnose					ASA
Eingriff					<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5

Punktionstechnik

<input type="radio"/>	Sonoguided
<input type="radio"/>	Nervenstimulation
<input type="radio"/>	Zusätzlich Ultraschall nötig
<input type="radio"/>	Zusätzlich Nervenstimulation nötig

Zeiten OP-Ablauf

Anästhesiebeginn	Freigabe	Beginn OP	Ende OP	Entlassung AWR
:	:	:	:	:

Zeiten Schmerzbehandlung

VAS-Scores

1. Schmerzmedikation	Substanz	Menge	Ende OP	Entlassung AWR
:	_____	_____	VAS	VAS

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. Ulrich Schwemmer für die Betreuung der Doktorarbeit von der Planung über die Durchführung bis hin zur Auswertung und schriftlichen Niederlegung mit viel Geduld und Hilfestellung bei anstehenden Fragen und Problemen.

Bei Herrn Dr. Otremba und Herrn Dr. Kilian, die mir eine große Hilfe bei der Durchführung der Untersuchung am König-Ludwig-Haus waren, möchte ich mich für die tatkräftige Unterstützung bedanken.

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Stöhr, Statistikerin am Institut für Mathematik der Universität Würzburg, die mir bei der statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse eine wichtige Stütze war.

Zuletzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die mir bei größeren und kleineren Problemen mit Rat und Tat zur Seite standen.

Lebenslauf

Name Christine Maatsch
Geburtsdatum und Geburtsort 26.06.1978 in Erlenbach am Main

Schulbildung

1984 bis 1988 Grundschule Eschau
1988 bis 1997 Julius-Echter-Gymnasium Elsenfeld
Abschluss Juni 1997 Allgemeine Hochschulreife

Auslandsaufenthalt

September 1997 bis August 1998 Au Pair in den USA

Berufsausbildung

September 1998 bis Februar 2001 Ausbildung zur Bankkauffrau

Studium

April 2001 bis Juni 2007 Studium der Humanmedizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Juni 2007 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung bestanden

Beruf

Seit Dezember 2007 Assistenzärztin in der Medizinischen Klinik des Klinikum Neumarkt

Würzburg, Januar 2009