Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Anästhesiologie
Prof. Dr. med. Dr. med. h.c. M. Georgieff

Retrospektive Untersuchung zur Erfolgsrate verschiedener Blockaden des Plexus brachialis

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der
Zahnmedizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Bianca Wirnharter, Augsburg
2011

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: PD Dr. Eberhard Barth

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Michael Kramer

Tag der Promotion: 08.12.2011

Widmung

Diese Arbeit ist meinen Eltern, Geschwistern und Großeltern gewidmet, die jederzeit für mich da waren und mich unterstützt haben.

Vielen Dank für alles!

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1 Einleitung **1**

1.1 Relevanz der Regionalanästhesie für Operationen an der oberen Extremität 1

1.2 Anatomie des Plexus brachialis 2

1.3 Blockademöglichkeiten für die obere Extremität 3

1.4 Ultraschall in der Regionalanästhesie 4

1.5 Ultraschall gesteuerte Blockaden der oberen Extremität 5

1.6 Vergleichsstudien verschiedener Ultraschall gesteuerter Blockaden an der oberen Extremität 8

1.7 Ökonomische Betrachtung 8

1.8 Fragestellung 9

2 Material und Methoden **11**

2.1 Durchführung der einzelnen Blockaden 11

2.1.1 Allgemeine Anmerkungen 11

2.1.2 Axilläre Plexusblockade mit Nervenstimulator und singulärer Injektionstechnik 12

2.1.3 Ultraschall gesteuerte axilläre Plexusblockade mit Multiinjektionstechnik 12

2.1.4 Vertikale infraklavikuläre Plexusblockade 14

2.1.5 Ultraschall gesteuerter infraklavikulärer Plexus 14

2.1.6 Durchführung der supraklavikulären Blockade 16

2.2 Definition des Blockadeerfolges 18

2.3 Defintion des Einleitungs- und Gesamtzeit 19

2.4 Ein- und Ausschlusskriterien 19

2.5 Berechnung zur ökonomischen Betrachtung 19

2.6 Datenbank 20

2.7 Statistik 22

3 Ergebnisse **23**

3.1 Deskriptive Darstellung der Plexusblockaden von 2004 bis 2010 23

3.2 Erfolgsrate 25

3.2.1 Erfolgsrate der fünf Blockadetechniken für alle Operationsarten 25

3.2.2 Erfolgsrate der fünf Blockaden bei Operationen an Radiusfrakturen,

Karpaltunnelsyndromen, Morbus Dupuytren und Handgelenkarthroskopien 30
3.2.3 Vergleich der Erfolgsraten zwischen zwei Verfahren 34
3.2.4 Einfluss des Ausbildungsstandes des Arztes auf die Erfolgsrate 39
3.2.5 Einfluss des Patientengewichtes auf die Erfolgsrate 40
3.2.6 Einfluss des Geschlechtes auf die Erfolgsrate der fünf Blockadetechniken 41
3.2.7 Einfluss des Patientenalters auf die Erfolgsrate der fünf Blockadetechniken 42
3.3 Einleitungszeit 43
3.3.1 Einleitungszeiten für alle fünf Blockadetechniken 43
3.3.2 Vergleich der fünf Verfahren hinsichtlich der Einleitungszeiten 44
3.3.3 Einfluss des Ausbildungsstandes 49
3.3.4 Einfluss des Patientengewichtes 50
3.3.5 Einfluss des Geschlechtes auf die Einleitungszeiten 52
3.3.6 Einfluss des Patientenalters auf die Einleitungszeiten 53
3.4 Ökonomische Betrachtung 54

4 Diskussion 56
4.1 Nachteile der retrospektiven Untersuchung 56
4.2 Blockade mit oder ohne Ultraschall? 57
4.3 Vergleich zwischen den verschiedenen Ultraschall gesteuerten Verfahren 63
4.4 Vergleich der supraklavikulären Blockaden mit und ohne Nervenstimulator 65
4.5 Einfluss des Ausbildungsstandes des Anästhesisten, des Körpergewichtes, des Geschlechtes und Alter des Patienten auf die Erfolgsraten und Einleitungszeiten 66
4.6 Ökonomische Betrachtung 67
4.7 Anregungen für eine Datenbank zur Qualitätskontrolle und für die Dokumentation zukünftiger prospektiver Studien 69
4.8 Ausblick in neue Techniken 72
4.9 Schlussfolgerung 72

5 Zusammenfassung 74
6 Literaturverzeichnis 76

Danksagung 87
Curriculum vitae 88

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
m	männlich
w	weiblich
A	Arteria axillaris
A.	Arteria
A1	Adipositas Grad 1
A2	Adipositas Grad 2
A3	Adipositas Grad 3
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
AIP	Arzt im Praktikum
AK	Altersklassen
ASA-Klassen	Risikoklassifikation der American Society of Anesthesiologists
ASS	Assistenzarzt/ Arzt im Praktikum
BMI	Body Mass Index
C2- C7	Halswirbel 2- 7
C4- 8	Spinalnerven aus C4- 8
CL	Klavikula
cm	Zentimeter
COR	Prozessus coracoideus
CTS	Kapaltunnelsyndrom
DRG	Diagnosebezogene Fallgruppen
EZ	Einleitungszeit
F.	Faszikulus
FA	Facharzt
Fa.	Firma
ggf.	gegebenenfalls
GZ	Gesamtzeit
Hz	Hertz
J	Jahre
kg	Kilogramm
L	lateraler Faszikel
M	medialer Faszikel
M.	Musculus

m²	Quadratmeter
M. Dupytren	Morbus Dupytren
mA	Milliampére
Max	Maximum
min	Minute
Min	Minimum
ml	Milliliter
mm	Millimeter
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
ms	Millisekunde
n	Absolutwert
N.	Nervus
NG	Normalgewicht
Nn.	Nervi
NS	Nervenstimulator
NUSG	nicht Ultraschall gesteuert
OA	Oberarzt
OP	Operation
P	posteriorer Faszikel
p oder p-Wert	Signifikanzwert
Plex. Ax	Axilläre Plexusblockade mit Nervenstimulator (und singulärer Injektionstechnik)
Q1	25%-Perzentile
Q3	75%-Perzentile
R.	Ramus
Rr.	Rami
SCP	Supraklavikuläre Plexusblockade (mit und ohne Nervenstimulator)
Stabw	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
T1	Brustwirbel 1
Th1- 2	Spinalnerven aus Th1 und Th2
Tr.	Truncus
UG	Untergewicht
ÜG	Übergewicht
US	Ultraschall

USG	Ultraschall gesteuert
USG IP	Ultraschall gesteuerter infraklavikulärer Plexus
USG Plex. Ax.	Ultraschall gesteuerte axilläre Plexusblockade (mit Multiinjektionstechnik)
ÜZ	Übergangszeit
V.	Vena
VIP	Vertikaler infraklavikuläre Plexusblockade
vs.	versus
WHO	World Health Organisation
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Relevanz der Regionalanästhesie für Operationen an der oberen Extremität

Nervenblockaden des Plexus brachialis werden vielfach als Anästhesieverfahren für Operationen an der oberen Extremität eingesetzt, stellen die Alternative zur Vollnarkose dar und gewinnen immer mehr an Bedeutung. Bei adäquater Durchführung bieten diese Verfahren den Patienten eine optimale intra- und postoperative Analgesiequalität [71]. Von Vorteil ist, dass die Patienten weniger Übelkeit und Erbrechen entwickeln und eine schnellere Verlegung aus dem Aufwachraum ermöglicht wird. Ambulante Patienten können im Vergleich zur Vollnarkose meist zeitnah nach Hause entlassen werden [17,41,102]. Bei Risikopatienten ermöglicht die Regionalanästhesie eine bessere Kreislaufstabilität. Außerdem werden typische Nebenwirkungen der Vollnarkose wie z.B. Halsschmerzen, Heiserkeit und Zahnschäden vermieden.

Andererseits müssen auch unerwünschte Nebenwirkungen von Nervenblockaden bedacht werden, wie z.B. Nervenverletzungen, Gefäß- und Lungenpunktionen [7,14,46]. Hinzu kommt ein erhöhter Zeitaufwand bei der Durchführung des Verfahrens und folglich höhere Kosten. Regionalanästhesieverfahren erfordern darüber hinaus eine aufwendige und strukturierte Ausbildung [45,98].

Die Erfolgsrate der peripheren Regionalanästhesie liegt, abhängig von dem gewählten Verfahren, bei etwa 60-90% [76] im Gegensatz zur Vollnarkose, die fast immer durchführbar ist. Die Optimierung der Blockadeverfahren und der Erfolgsraten ist nicht nur aus Patientensicht erforderlich, sondern auch aus steigenden ökonomischen Zwängen, da eine unzureichende Blockade immer mit einer erheblichen Zeitverzögerung und konsekutiven Mehrkosten einhergeht [61,82]. Von besonderer Bedeutung für größere Anästhesieabteilungen ist es auch, dass die Blockadeverfahren nicht ausschließlich von einzelnen Spezialisten beherrscht werden, sondern „flächendeckend“ das gesamte Anästhesieteam mit dem Verfahren hohe Erfolgsraten erzielen kann. Auch sollten die Verfahren in jeder Alters- und Gewichtsklasse eine möglichst hohe Wirksamkeit erreichen und nicht nur bei schlanken und jungen Patienten, deren Körperbau wohl am ehesten der Lehrbuchanatomie entspricht.

1.2 Anatomie des Plexus brachialis

Der Plexus brachialis entsteht aus den Wurzeln der Spinalnerven von C4 bis Th2. Diese Nervenwurzeln passieren die Scalenuslücke und formieren sich zum Truncus superior, medius und inferior. Im supraklavikulären Raum organisieren sich die drei Trunci über die Divisionen zu den drei Faszikeln um. Infraklavikulär gibt es einen lateralen, einen medialen und einen posterioren Faszikel. Diese lagern sich der A. subclavia an und liegen als Plexus meist auf oder hinter dem Gefäß. Am axillären Übergang gruppiert sich der Plexus in die Endnerven um. Aus dem lateralen Faszikel entstehen der N. musculocutaneus, der sich meist noch oberhalb der Axilla trennt, und ein Anteil des N. medianus (Radix lateralis). Der mediale Faszikel bildet den zweiten Anteil des N. medianus (Radix medialis), sowie den N. ulnaris. Der posteriore Faszikel gibt den N. axillaris und N. radialis ab. Eine schematische Darstellung des Plexus brachialis findet sich in Abb. 1.

Der Plexus brachialis liegt meistens in einer Tiefe von 1 bis 5 cm unter der Hautoberfläche und ist in seinem gesamten Verlauf vom Hals bis zum Oberarm für regionalanästhesiologische Verfahren zugänglich. Je nach Punktionsort sind verschiedene, bei Fehlpunktion potentiell mit Risiken behaftete, Strukturen in unmittelbarer Nähe des Nervenplexus. Im Bereich der Scalenuslücke sind das der Spinalkanal, die Aa. vertebrales, die großen Halsgefäße, aber auch die Trachea, Ösophagus und die Pleurakuppel [6,11]. Beim supra- und infraklavikulärem Zugangsweg besteht besonders die Gefahr der Verletzung von Lungengewebe und Gefäßpunktion. Schwerwiegende Komplikationen durch Fehlpunktionen sind beschrieben [7,60]. Daher sind sehr gute anatomische Kenntnisse obligate Voraussetzungen für die Durchführung dieser Verfahren. Durch die Visualisierung der gefährdeten Strukturen mittels Ultraschall können Komplikationen eher vermieden werden [43].

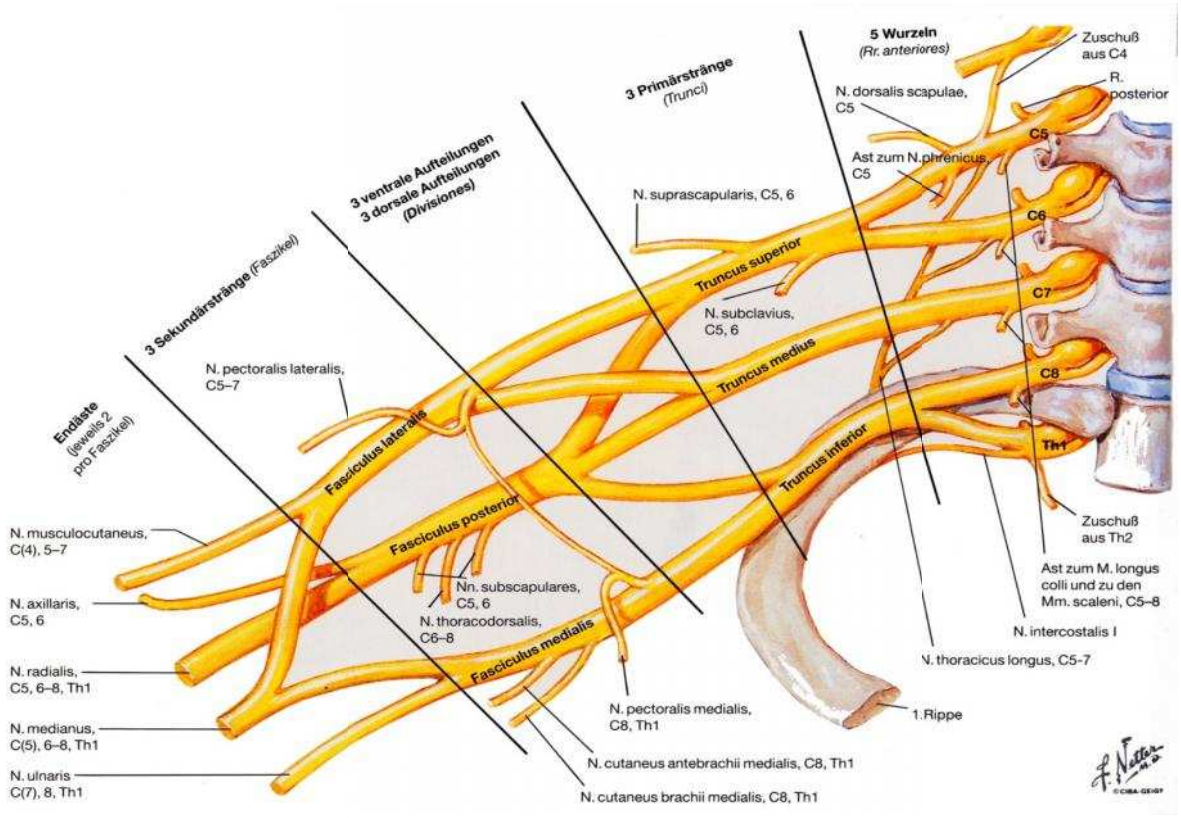


Abb.1: Modifizierte Darstellung der Anatomie des Plexus brachialis [78]. C4- 8= Spinalnerven aus C4- 8, M.= Musculus, Nn.= Nervi, N.= Nervus, Rr.= Rami, R.= Ramus und Th1- 2= Spinalnerven aus Th1 und Th2.

1.3 Blockademöglichkeiten für die obere Extremität

Für Operationen an der Hand, am Unterarm und bis zum Ellenbogen können die Nerven der oberen Extremität supraklavikulär, infraklavikulär oder axillär blockiert werden. Die supraklavikuläre Blockade wird im Bereich der Trunci und deren Aufteilung in die Faszikel durchgeführt. Infraklavikulär werden die drei Faszikel ausgeschaltet. Die vollständige axilläre Blockade beinhaltet die Betäubung von mehreren peripheren Nerven. Hierfür sollten möglichst der N. musculocutaneus, der N. radialis, der N. medianus, der N. ulnaris, der N. cutaneus brachii medialis und der N. cutaneus antebrachii medialis betäubt werden. Einen Überblick für die Blockademöglichkeiten verschafft Abb. 2.

Falls die proximalen Blockaden Lücken im Versorgungsgebiet einzelner Nerven aufweisen, können noch gezielte Nachblockaden am distalen Oberarm oder Unterarm durchgeführt werden.

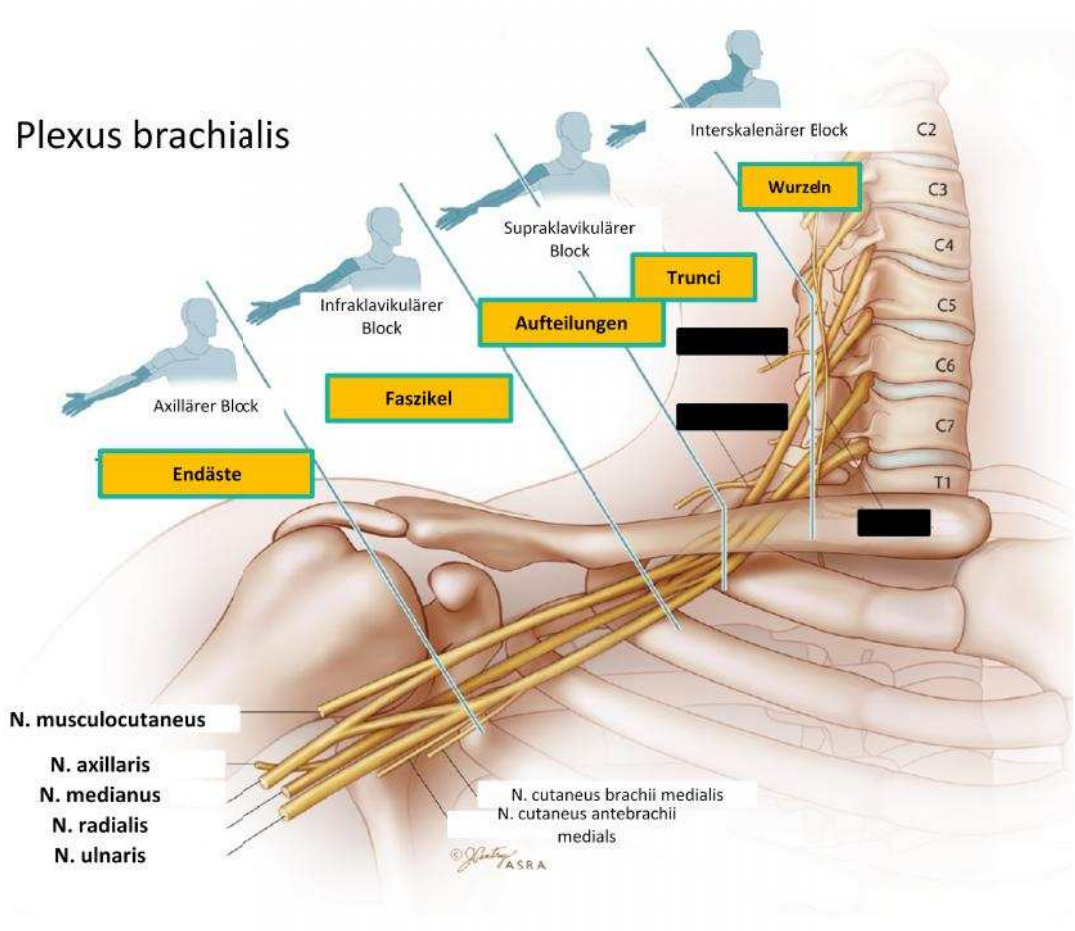


Abb.2: Modifizierte Abbildung der Blockademöglichkeiten des Plexus brachialis [76]. C2- C7= Halswirbel 2- 7, N.= Nervus und T1= Brustwirbel 1.

1.4 Ultraschall in der Regionalanästhesie

Bis zur Einführung des Ultraschalls dienten äußere anatomische Orientierungspunkte dazu, den Punktionsort für die Nervenblockade zu lokalisieren. Allerdings konnten diese Orientierungspunkte nicht bei allen Patienten aufgefunden werden, wie z.B. bei adipösen Patienten [81]. Auch anatomische Variationen blieben bei diesem Verfahren unberücksichtigt.

Mittels Nervenstimulator kann die Nadelspitze in die Nähe des Nerven positioniert werden. Allerdings ist es nicht möglich die Verteilung des Lokalanästhetikums zu beurteilen. Außerdem kann es zu einer großen Anzahl von falsch-negativen Reizantworten kommen, was bedeutet, dass keine Stimulation ausgelöst wird, obwohl die Nadel bereits an der richtigen Position liegt [86].

Erst seit Anfang der neunziger Jahre wird der Ultraschall zur Visualisierung und Blockade der Nerven eingesetzt [47,48]. Seither ist auch die Anzahl der Publikationen sprunghaft gestiegen [49]. So ergab eine Suche bei „Pubmed“ für die Begriffe „ultrasound“ und „nerve block“ 32 Artikel für 2004, 82 für 2006, 158 für 2008 und 275 für 2010.

Enorm vorteilhaft ist bei der Anwendung des Ultraschalls das Sichtbarmachen von Nerven, Nadel, Pleura und Gefäßen und die daraus resultierende Vermeidung von schwerwiegenden Komplikationen [15,67,70]. Die Verteilung des Lokalanästhetikums kann im Ultraschallbild beurteilt und somit gegebenenfalls die Nadelposition korrigiert werden. Dies erlaubt eine sofortige Beurteilung des Blockadererfolgs [15,67,70]. Weitere Vorteile sind geringere Anschlagszeiten [62], Dosisreduktion des Lokalanästhetikums [42], verminderte Anzahl von Punktionsversuchen [83] und akzidentiellen Gefäßpunktionen [36,69,103] . Voraussetzung für die Anwendung des Ultraschalls ist eine umfassende Ausbildung [98]. Das Auffinden der Nerven kann an Modellen erlernt werden. Die Ultraschall gesteuerte Regionalanästhesie bringt jedoch auch Nachteile wie den erhöhten Ausbildungs- und Überwachungsaufwand mit sich und natürlich zusätzliche Kosten, wie die für das Ultraschallgerät selbst [55]. Daher ist es für jedes Krankenhaus relevant, ob die erhöhten Anschaffungskosten in Verbindung mit den Ausbildungskosten zu verbesserten Erfolgsraten der Blockadeverfahren führen und damit diese Kosten rechtfertigen. Zusätzlich sollten bei einer Kostenbetrachtung auch die Prozesszeiten einbezogen werden.

1.5 Ultraschall gesteuerte Blockaden der oberen Extremität

Die Nerven des Plexus brachialis können an verschieden Lokalisationen visualisiert und Ultraschall gesteuert blockiert werden [84].

Im Bereich des supraklavikulären Raums liegen die Nervenfasern eng aneinander. Deshalb ist dort eine günstige Stelle für eine vollständige Blockade des Plexus mit nur wenigen Punktionsversuchen. Dies wurde bereits 1911 von Kulenkampff et. al. publiziert und erfolgreich angewendet [59]. Mittels Auslösung von Parästhesien wurden die Nerven lateral der tastbaren A. subclavia aufgesucht und mit Lokalanästhetikum blockiert. Nachteilig waren allerdings das hohe Risiko für Gefäßpunktionen mit bis zu 25% und insbesondere die Gefahr eines Pneumothorax bis zu 6% [60].

Vor allem bei diesem Block ergeben sich potentielle Vorteile für die Anwendung mit dem Ultraschall, da die Pleura, die A. subclavia und die Punktionsnadel sichtbar gemacht

werden können [28,32]. In einer retrospektiven klinischen Studie von Perlas et al. an 510 Patienten ergab sich eine Erfolgsrate von 95% [85]. Nur bei 2,8% der Patienten musste zusätzlich Lokalanästhetikum supplementiert werden, bei 2,6% des Kollektivs wurde zur Vollnarkose konvertiert. Die Blockaden wurden von 47 verschiedenen Anästhesisten mit unterschiedlichem Ausbildungsstand unter fakultativer Zuhilfenahme des Nervenstimulators (48%) durchgeführt. In dieser Untersuchung gab es keinen Pneumothorax.

Allerdings wurde zu einem späteren Zeitpunkt von der gleichen Arbeitsgruppe nach der Durchführung von über 2000 supraklavikulären Blockaden über einen Pneumothorax berichtet [7]. Die hohe Erfolgsrate des Ultraschall gesteuerten supraklavikulären Blocks konnte bisher in keiner weiteren retrospektiven Untersuchung mit großen Fallzahlen bestätigt werden.

In prospektiven Studien ergaben sich widersprüchliche Daten. Chan et al. erreichten bei 40 Patienten eine Erfolgsrate von 95% [19], während in anderen Studien lediglich über Erfolgsraten von 67% [34] bis 87% [3] berichtet werden konnten.

Die vertikale infraklavikuläre Plexusblockade wurde 1995 von Kilka et al. [50] klinisch eingeführt und gilt als ein Standardverfahren für die Regionalanästhesie des Plexus brachialis. Hierbei wird die Einstichstelle zur Blockade der drei Faszikel über äußere anatomische Orientierungspunkte ermittelt und ausgemessen. In einer MRT-Untersuchung von Klaastad et al. [52] konnte allerdings gezeigt werden, dass dieser VIP-Punkt nicht bei jedem Menschen die optimale Position für die Blockade darstellt. Konsekutiv wurde ein infraklavikuläres Ultraschall gesteuertes Verfahren entwickelt, welches die individuelle Anatomie darstellt und nicht auf äußere Orientierungspunkte angewiesen ist [13,58,93].

Auch die Erfolgsrate des Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Plexus wurde bereits in mehreren prospektiven Studien untersucht. Sandhu et.al. erzielten in einer Untersuchung im Jahr 2002 bei 126 Patienten eine Erfolgsrate von 90,4% [89]. 7,2% der Blockaden mussten supplementiert werden und bei 2,4% fand eine Konversion zur Vollnarkose statt. In weiteren prospektiven Untersuchungen wurden Erfolgsraten von 78% [29] bis 94,5% [40] erzielt.

In einer großen retrospektiven Studie an 1146 Patienten ergab sich bei Sandhu et al. eine Erfolgsrate von 99,3% mit Einleitungszeiten von nur 4 Minuten [90]. Somit wäre dies wohl eine geradezu ideale Blockade und es stellt sich die Frage, ob dieses Ergebnis auch an einer deutschen Universitätsklinik reproduziert werden kann.

Die axilläre Plexusblockade mit Nervenstimulator und singulärer Injektion ist eine sehr einfach zu erlernende Technik, bei der oberhalb der A. axillaris mit einem Nervenstimulator der N. medianus aufgesucht wird und in die Nähe des Nerven eine große Menge Lokalanästhetikum injiziert wird [94]. Es wird angenommen, dass sich dieses Lokalanästhetikum in der gemeinsamen Gefäß-Nervenscheide verteilt und auch die Nn. ulnaris, radialis und musculocutaneus umspült. Diese Methode findet aufgrund der einfachen Durchführbarkeit und den geringen Komplikationsmöglichkeiten insbesondere noch im ambulanten Bereich bei vielen niedergelassenen Anästhesisten Verwendung. Fraglich ist jedoch, ob durch diese einfache Methode erfolgreich das vollständige handchirurgische Spektrum einer Universitätsklinik abgedeckt werden kann oder ob hierfür komplexere Methoden erforderlich sind.

Beim Ultraschall gesteuerten axillären Plexus mit Multiinjektion werden die Nn. musculocutaneus, ulnaris, radialis und medianus visualisiert und das Lokalanästhetikum wird um jeden einzelnen Nerven verteilt [33]. Diese Technik ist somit vergleichsweise komplex, schwieriger zu erlernen als die konventionelle Methode und eventuell mit einem höheren Zeitaufwand verbunden. Interessant für den klinischen Einsatz ist, ob sich dieser erhöhte Aufwand auch in verbesserten Erfolgsraten und einer verringerten Gesamtprozessdauer wiederspiegelt.

Prospektive Studien zeigen widersprüchliche Ergebnisse zur Überlegenheit der Ultraschall gesteuerten Blockade im axillären Bereich im Vergleich zum konventionellen Verfahren. Chan et al. untersuchten 2007 verschiedene axilläre Plexusblockaden bei 180 Patienten [18]. Bei 60 Patienten wurde für alle vier Nerven eine reine Ultraschall-Technik verwendet, bei weiteren 60 Patienten wurde mittels Ultraschall und Nervenstimulator blockiert und bei den restlichen 60 Patienten wurde nur der Nervenstimulator verwendet. In den beiden Ultraschall-Gruppen waren die Erfolgsraten mit 82,8% und 80,7% deutlich höher als in der NS-Gruppe mit 62,9%. Auch Schwemmer et al. konnten deutliche Vorteile für den USG Plex. Ax. zeigen [95]. Die Ultraschall-Gruppe erzielte eine Erfolgsrate von 98,2% gegenüber 83,1% bei reiner Nervenstimulation der vier Nerven. Zudem ergab sich eine deutlich kürzere Anlagedauer, die zur Einsparung von Prozesskosten führen konnte. Hingegen erreichten Casati et al. bei jeweils 30 Patienten eine 100%ige Erfolgsrate bei einer Multiinjektionstechnik mit oder ohne Ultraschall [16]. Für diese erfahrenen Untersucher ist die Verwendung des Ultraschalls im axillären Bereich nicht unbedingt erforderlich.

1.6 Vergleichsstudien verschiedener Ultraschall gesteuerter Blockaden an der oberen Extremität

Mittels Ultraschall kann der Plexus brachialis individuell an verschiedenen Stellen aufgesucht und blockiert werden [84]. Hierdurch entstehen viele Möglichkeiten und es ergibt sich die Frage, welche Blockade die höchste Erfolgsrate liefert. Zudem ist von Interesse, welche Blockaden für bestimmte Operationen und Risikopatienten besonders gut geeignet sind und welchen Einfluss der Ausbildungsstand des durchführenden Anästhesisten auf die entsprechende Erfolgsrate hat.

In einer Studie von Fredrickson et al. lieferte der SCP bei 30 Patienten eine deutlich niedrigere Erfolgsrate mit 67% als die infraklavikuläre Variante mit 93% [34]. Allerdings wurde von den Autoren diskutiert, ob für den SCP eine geringere Erfahrung bei den Untersuchern vorlag.

In der bisher einzigen Arbeit, die prospektiv den SCP, USG IP und den Plex. Ax. untersuchte [101], zeigte sich bei jeweils 40 Patienten eine Erfolgsrate zwischen 95-97,5%. Die Anlage des Plex. Ax. war mit 8,5 Minuten deutlich länger als bei den anderen Verfahren. Allerdings war die Zeit bis zum Operationsbeginn bei allen Verfahren gleich lang. Diese Untersuchung wurde von sehr erfahrenen Anästhesisten durchgeführt.

1.7 Ökonomische Betrachtung

Die Ultraschall-Technik hat die Regionalanästhesie revolutioniert, zu höheren Erfolgsraten und Sicherheit geführt [73]. Andererseits haben Ultraschallgeräte einen hohen Anschaffungspreis und verursachen hierdurch Kosten, die momentan noch nicht von den Krankenkassen übernommen werden. Zudem wird von einigen Anästhesisten die Meinung vertreten, dass durch diese Verfahren die Einleitungs- und Gesamtzeiten verlängert werden und hierdurch weitere Mehrkosten entstehen [2,5,26].

Der Anschaffungspreis variiert von 20.000- 40.000 Euro. Für eine OP-Minute werden Kosten von etwa 15 Euro angenommen. Unter diesen Voraussetzungen wurde von uns berechnet, ob sich die Anschaffung über Verkürzung von Prozesszeiten amortisieren kann. Außerdem wurde verglichen, welche Verfahren besonders zeiteffizient und damit kostengünstiger sind. Bei dieser Betrachtung behielten wir besonders auch immer die

Erfolgsraten der verschiedenen Verfahren im Auge, da ein Misserfolg mit konsekutiver Einleitung einer Vollnarkose logischerweise zu einer weiteren Zeitverzögerung führt [61].

1.8 Fragestellung

Die Erfolgsrate von peripheren Regionalanästhesieverfahren wird mit 60-90% angegeben [76]. Innerhalb der letzten 10 Jahre fand ein Paradigmenwechsel in der Regionalanästhesie zu Gunsten der Ultraschallanwendung statt. Viele prospektiv randomisierte Studien dazu mit hohen Erfolgsraten sind nur von einzelnen Experten durchgeführt worden [20] und es wurden oft nur kleine Fallzahlen untersucht. Diese guten Ergebnisse können daher nicht verallgemeinert werden. Ob die hohen Erfolgsraten der Ultraschall gesteuerten Verfahren im Vergleich zu den konventionellen Verfahren auch an einer großen Ausbildungsklinik erzielt werden können, bedarf einer gesonderten Untersuchung. An der Universitätsklinik Ulm wurde 2004 der Ultraschall für die Regionalanästhesie eingeführt. Für den Zeitraum zwischen dem 1.04.2004 bis zum 30.09.2010 wurde untersucht, ob sich mittels Ultraschall die Erfolgsraten für Blockaden der oberen Extremität erhöhen und sich die Prozesszeiten verändert haben.

Im Einzelnen ergaben sich für diese retrospektiven Studie an der Universitätsklinik Ulm die folgenden Fragestellungen:

1. Wie hoch sind die Erfolgsraten des axillären Plexus mit Nervenstimulator und singulärer Injektionstechnik, des Ultraschall gesteuerten axillären Plexus mit Multiinjektionstechnik, der vertikalen infraklavikulären Plexusblockade, des Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Plexus und der supraklavikulären Blockade?

2. Wie hoch sind die Erfolgsraten dieser Verfahren bezüglich Operationen bei Radiusfrakturen, Karpaltunnelsyndrom, Morbus Dupuytren und Handgelenksspiegelung?

3. Gibt es Unterschiede in der Erfolgsrate beim axillären Plexus mit Nervenstimulator und singulärer Injektionstechnik vs. Ultraschall gesteuerten axillären Plexus mit Multiinjektionstechnik, bei allen Ultraschall gesteuerten Verfahren vs. allen nicht Ultraschall gesteuerten Verfahren, bei der vertikalen infraklavikulären Plexusblockade vs. Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Plexus, bei der supraklavikulären Blockade vs. Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Plexus und bei der supraklavikulären Blockade ohne Nervenstimulator vs. der supraklavikulären Blockade mit Nervenstimulator?

4. Welchen Einfluss haben der Ausbildungsstand des Anästhesisten, das Geschlecht, das Gewicht und das Alter des Patienten auf die Erfolgsrate?

5.Gibt es Unterschiede in den Einleitungs- und Gesamtzeiten beim axillären Plexus mit Nervenstimulator und singulärer Injektionstechnik vs. Ultraschall gesteuerten axillären Plexus mit Multiinjektionstechnik, bei allen Ultraschall gesteuerten Verfahren vs. allen nicht Ultraschall gesteuerten Verfahren, bei der vertikalen infraklavikulären Plexusblockade vs. Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Plexus, bei der supraklavikulären Blockade vs. Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Plexus und bei der supraklavikulären Blockade ohne Nervenstimulator vs. der supraklavikulären Blockade mit Nervenstimulator?

6. Welchen Einfluss hat der Ausbildungsstand des Anästhesisten, das Geschlecht, das Gewicht und das Alter des Patienten auf die Einleitungszeit?

7.Ökonomische Betrachtung: Kann sich durch eine kürzere Prozessdauer die Anschaffung eines Ultraschallgerätes amortisieren?

2 Material und Methoden

2.1 Durchführung der einzelnen Blockaden

2.1.1 Allgemeine Anmerkungen

Alle Nervenblockaden wurden unter sterilen Bedingungen durchgeführt. Hierfür wurde ein Regionalanästhesie-Set (Firma B. Braun, Melsungen AG, Deutschland) verwendet. Um den den Injektionsschmerz zu vermindern erhielt jeder Patient vor der Blockade 0,1 mg Fentanyl (Fentanyl®) bzw. 0,5 mg Alfentanil (Rapifen®). Für die Injektionen wurden die folgenden Regionalanästhesienadeln verwendet: Stimuplex® D 0.71*50 mm 22G, Stimuplex® D 0.71*80 mm 22G, Stimuplex® D Plus 0.71*50 mm 22G und Stimuplex® D Plus 0.71*80 mm 22G (Fa. B. Braun, Melsungen AG, Deutschland). Als Nervenstimulator wurde der Stimuplex® HNS 12 (Fa. B. Braun, Melsungen AG, Deutschland) eingesetzt. Drei verschiedene Ultraschallgeräte wurden in dem Untersuchungszeitraum verwendet: SonoSite M-Turbo, SonoSite MicroMaxx und SonoSite Titan (Fa. SonoSite Inc., Bothell, WA 98021 USA). Für die sterile Abdeckung des Ultraschallkopfes wurde das Fertigset CIV-Flex™ Transducer Cover (Fa. Civco, Kalona, Iowa 52247 USA) benutzt. Für Katheteranlagen wurde das Contiplex® D 1,3*55 mm 18G Set (Fa. B. Braun, Melsungen AG, Deutschland) verwendet. Bei ambulanten Patienten wurden 50 ml Prilocain (Xylonest®) 1%ig, bei stationären Patienten eine Kombination aus 30 ml Prilocain (Xylonest®) 1%ig und 20 ml Robivacain (Naropin®) 0,75%ig injiziert. Bei Nachblockaden wurden entweder mittels Nervenstimulator oder Ultraschall die Nerven aufgesucht und 10 ml Robivacain (Naropin®) 0,75%ig um die Nerven herum injiziert.

Bei den nicht Ultraschall gesteuerten Regionalverfahren wurde die Injektionsstelle nach externen anatomischen Orientierungspunkten ausgewählt. Die Annäherung an den Nerv erfolgte mittels Nervenstimulator mit einem initialen Reizstrom von 1 mA bei einer Impulsfrequenz von 2 Hz und einer Impulsdauer von 0,1 ms. Konnte mit einer Reizstromstärke von 0,3 bis 0,5 mA eine Reizantwort der Kennmuskulatur ausgelöst werden, war davon auszugehen, dass die Nadelspitze an einer passenden Stelle neben dem entsprechenden Nerv positioniert war. Dann wurde nach Aspiration ohne weitere Änderung der Nadelposition das Lokalanästhetikum injiziert.

Außer beim SCP, wurde bei allen Ultraschall gesteuerten Verfahren zusätzlich noch der Nervenstimulator mitverwendet. Beim SCP stand dies dem Anästhesisten frei. Im Allgemeinen wurden die Nerven des Plexus brachialis und die anliegenden anatomischen Strukturen vorgeschallt und somit die Zielstrukturen für die Blockade identifiziert. Danach erfolgte die sterile Abdeckung des Ultraschallkopfes. Anschließend wurde die Nadel unter Ultraschallkontrolle in die Nähe der Nerven platziert. Nach Aspiration wurde das Lokalanästhetikum um die Nerven herum verteilt. Gegebenenfalls war hierfür eine neue Positionierung der Nadel unter Ultraschallkontrolle erforderlich. Der Nervenstimulator diente hierbei als zusätzliches Hilfsmittel zur Annäherung und Identifizierung der Nerven.

2.1.2 Axilläre Plexusblockade mit Nervenstimulator und singulärer Injektionstechnik

In Rückenlage, bei 90 Grad abduziertem Arm, wurde die A. axillaris getastet und markiert. Die Injektionsnadel wurde axillanah, oberhalb der Arterie, eingeführt. Mittels Nervenstimulator wurde eine muskuläre Reizantwort des N. medianus aufgesucht und nachfolgend die Gesamtmenge Lokalanästhetikum an dieser Stelle injiziert und einmassiert. Multiinjektionstechniken mit jeweiliger Nervenstimulation und Blockade des N. medianus, N. ulnaris, N. musculocutaneus und N. radialis sind für axillanahe Blockaden auch ohne Ultraschallkontrolle beschrieben [54,88], wurden aber zum Untersuchungszeitpunkt an der Universität Ulm nicht eingesetzt.

2.1.3 Ultraschall gesteuerte axilläre Plexusblockade mit Multiinjektionstechnik

Diese Blockade wurde ebenfalls in Rückenlage und mit 90 Grad abduziertem Arm durchgeführt. Abb. 3 zeigt die topografische Anatomie des Plexus brachialis in der Axilla, die Positionierung der Ultraschallsonde und eine schematische Darstellung der Nervenpositionen im Querschnitt. Die Nn. medianus, ulnaris, musculocutaneus und radialis wurden axillanah mittels Ultraschall identifiziert. In Abb. 4 ist die entsprechende Sonoanatomie dargestellt. Falls eine eindeutige Zuordnung eines Nerven in der Axilla nicht möglich war, wurde mit einer „Trace-Back-Technik“ der jeweilige Nerv von distal nach proximal verfolgt. Für die Blockade wurde eine „Out-Of-Plane-Technik“ verwendet. Im Gegensatz zu der oben beschriebenen Methode wurden alle vier Nerven einzeln aufgesucht, ggf. wurde hierbei noch eine Reizantwort über den Nervenstimulator

ausgelöst. Bei adäquater Lage der Nadelspitze zum Nerv wurden je 10ml des Lokalanästhetikums injiziert. Die Verteilung des Lokalanästhetikums wurde im Ultraschall beobachtet. Das Lokalanästhetikum sollte sich möglichst gleichmäßig um den Nerv herum verteilen, entsprechend dem sog. „Donut-Sign“ [72]. War dies nicht der Fall, erfolgte eine Neupositionierung der Nadelspitze.

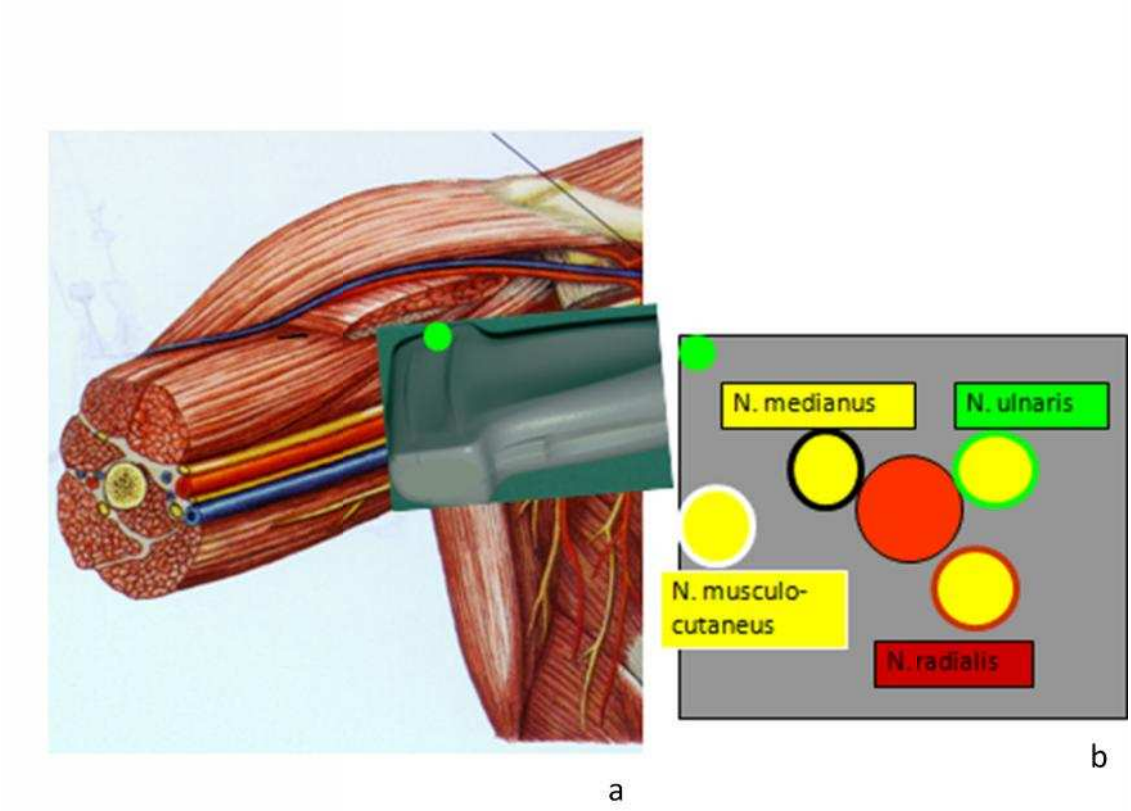


Abb. 3 a: Modifizierte Darstellung der topographischen Anatomie des Plexus brachialis im axillären Bereich [78] und die Positionierung der Ultraschall-Sonde, zur Verfügung gestellt aus dem Bildarchiv der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm.

Abb. 3 b: Schematische Darstellung der Verteilung der Nerven des Plexus brachialis um die Arteria axillaris in der axillären Region. Zur Verfügung gestellt aus dem Bildarchiv der Klinik der Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm. N= Nervus.

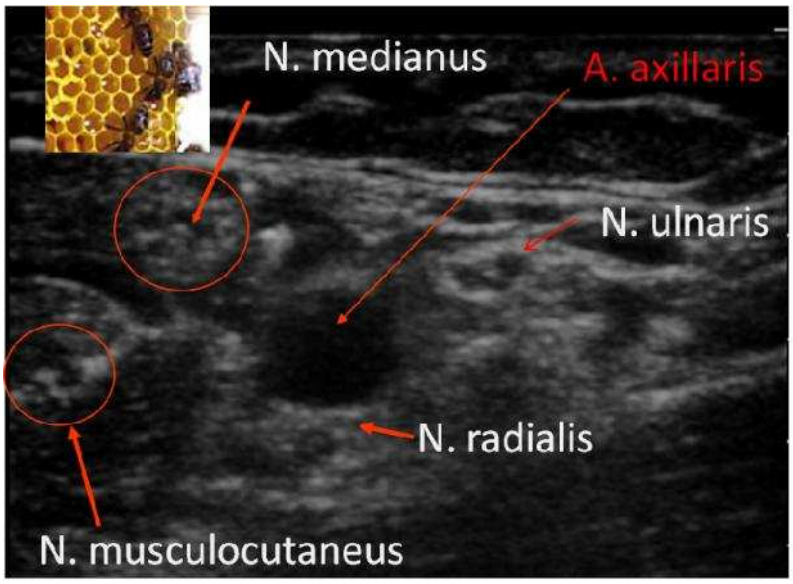


Abb.4: Ultraschall-Bild für die axilläre Plexusblockade mit den zu betäubenden Nervi medianus, ulnaris, radialis und musculocutaneus. Zur Verfügung gestellt aus dem Bildarchiv der Klinik der Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm. A.= Arteria, N.= Nervus.

2.1.4 Vertikale infraklavikuläre Plexusblockade

Der Patient lag hierzu flach und mit angelagertem Arm auf dem OP-Tisch. Es wurde eine Linie zwischen der Fossa jugularis und dem ventralen Akromionfortsatz gezogen. Die Punktionsstelle lag genau auf der Hälfte dieser Linie unterhalb der Klavikula. War die Länge dieser Linie größer als 22 cm wurde nach Greher et al. [37] der Punktionsort um 2 mm pro cm nach medial verschoben. War die Linie kürzer als 22 cm wurde der Punktionsort um 2 mm pro cm weniger nach lateral verschoben. Punktiert wurde streng senkrecht zur waagerechten Unterlage [50]. Bei adäquaten Reizantworten des Fasciculus medialis oder posterior wurde das Lokalanästhetikum nach Aspiration gespritzt.

2.1.5 Ultraschall gesteuerter infraklavikulärer Plexus

Der USG IP wurde nach einer Technik von Brull et al. gestochen [13]. Der Patient lag flach auf dem Rücken mit primär angelagertem Arm. Die Ultraschallsonde wurde saggital unterhalb des Schlüsselbeins, neben dem Processus coracoideus aufgesetzt (Abb. 5).

Dann wurde ein Ultraschallbild eingestellt, in dem ein scharfer Querschnitt der A. und V. axillaris zu erkennen war (Abb. 6). Als muskuläre Strukturen zeigten sich die Mm. pectorales major und minor. Der Fasciculus lateralis war meist sichtbar, hingegen befanden sich der mediale und posteriore Faszikel oft in der dorsalen Schallverstärkung der A. oder V. axillaris . Die Injektionsstelle lag lateral vom konventionellen VIP-Punkt. Es wurde „In-plane“ gestochen mit dem Ziel, die Nadel unterhalb der A. axillaris zu positionieren (Abb. 6) und dort mit einer Reizstromstärke von 0,3- 0,5 mA eine muskuläre Reizantwort des F. medianus bzw. posterior zu erhalten. Danach wurde das Lokalanästhetikum injiziert, welches sich hufeisenförmig unter die A. axillaris verteilen sollte. Falls dies nicht der Fall war, wurde eine Korrektur der Nadelposition vorgenommen. Alternativ wurde das Lokalanästhetikum an drei verschiedenen Stellen, medial, posterior und lateral entsprechend der Faszikelverteilung in Abb. 7 um die A. axillaris injiziert. Die Erfolgsraten zwischen der singulären und der Multiinjektionstechnik waren in den bisher durchgeführten Studien gleichwertig [29].

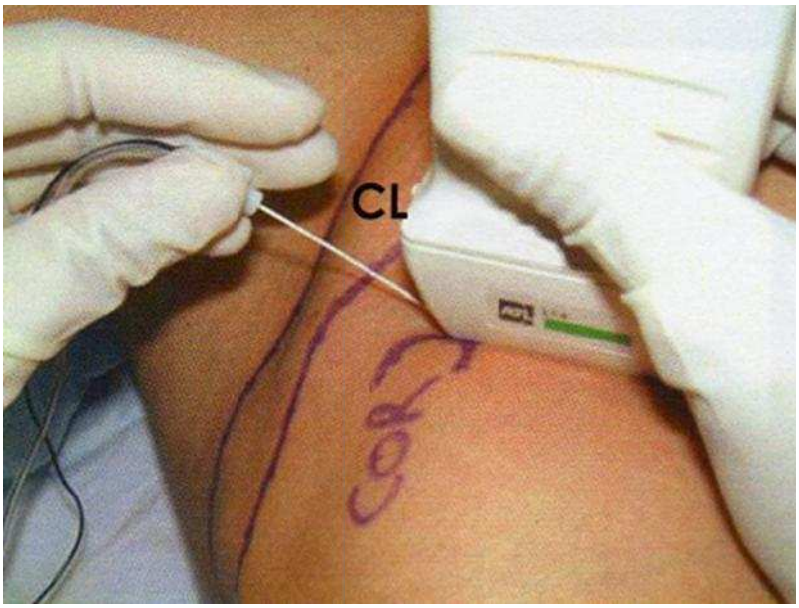


Abb.5: Saggitale Positionierung der Ultraschall-Sonde neben den Processus coracoideus unterhalb des Schlüsselbeins. Zur Verfügung gestellt aus dem Bildarchiv der Klinik der Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm. CL=Klavikula und COR= Processus coracoideus.

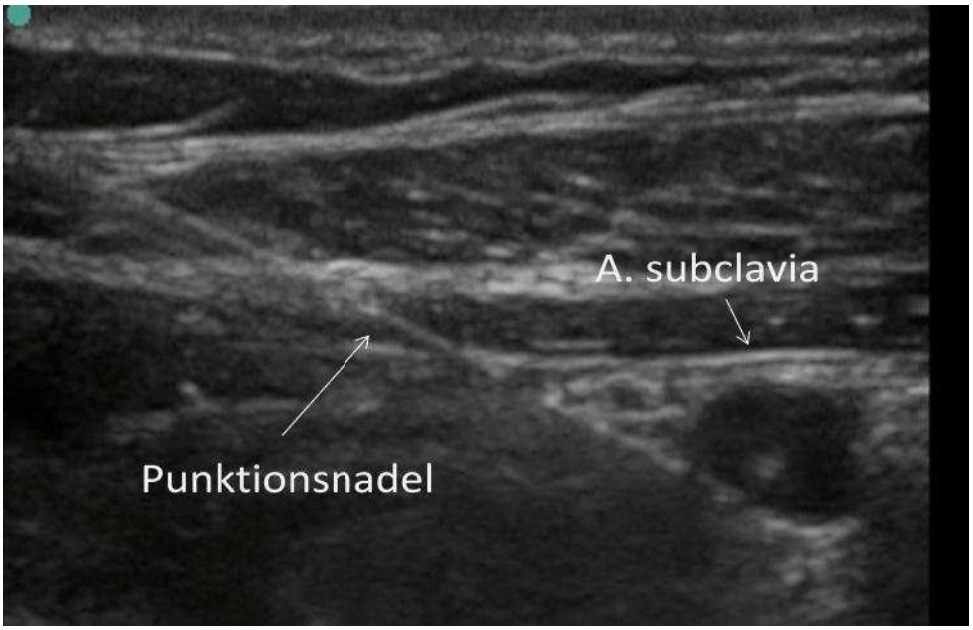


Abb.6: Beispielhafte Positionierung der Nadel unterhalb der Arteria axillaris im Ultraschall-Bild. Zur Verfügung gestellt aus dem Bildarchiv der Klinik der Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm. A.= Arteria.

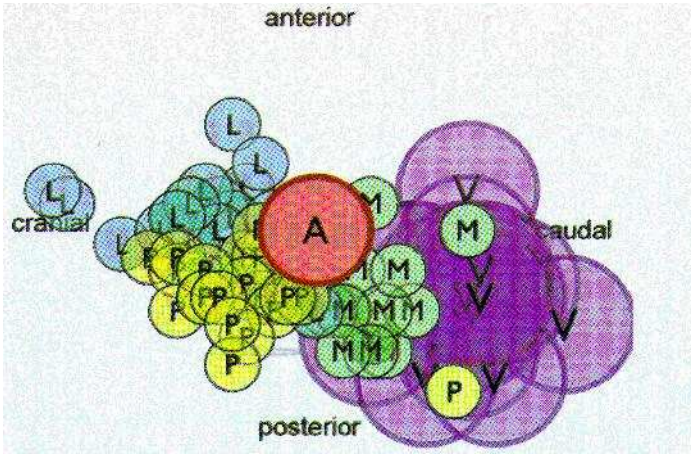


Abb.7: Schematische Verteilung der Faszikel um die Arteria axillaris im saggitalen Schnitt. A= Arteria axillaris, L= lateraler Faszikel, M= medialer Faszikel, P= posteriorer Faszikel, V= Vena axillaris [93] .

2.1.6 Durchführung der supraklavikulären Blockade

Bei dieser Technik wurde der Oberkörper hoch gelagert und der Kopf zur Gegenseite gedreht. Der Patient musste die Schulter des zu operierenden Arms aktiv nach unten ziehen. Die Ultraschallsonde wurde knapp oberhalb des Schlüsselbeins aufgesetzt (Abb.

8) und der Ultraschallkopf so positioniert, dass sowohl die A. subclavia im Querschnitt, die erste Rippe, die Pleura und der supraklavikuläre Plexus zu sehen waren (Abb. 9). Per Farbdoppler wurde beim Vorschallen untersucht, ob Gefäße im Plexus verlaufen, um intravasale Injektionen zu vermeiden. Die Punktion erfolgte von lateral mit der „In-plane-Technik“. Fakultativ wurde der Nervenstimulator verwendet. Primär wurde die Nadel in den Winkel zwischen der A. subclavia und dem ersten Rippenbogen platziert und dort der erste Anteil des Lokalanästhetikums appliziert. Hierdurch wurde der inferiore Truncus betäubt. Danach wurde die Nadel durch eine bindegewebige Hülle in den Plexus eingebracht, wo dort eine weitere Injektion von Lokalanästhetikum erfolgte. Bei einer unzureichenden Verteilung des Lokalanästhetikums wurde ggf. noch eine Repositionierung der Nadel erforderlich. Bei Verwendung des Nervenstimulators wurden insbesondere Reizantworten des N. ulnaris für eine erfolgreiche Durchführung angestrebt.



Abb.8: Positionierung der Ultraschallsonde für die supraklavikuläre Plexusblockade oberhalb und parallel zum Schlüsselbein. Zur Verfügung gestellt aus dem Bildarchiv der Klinik der Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm.

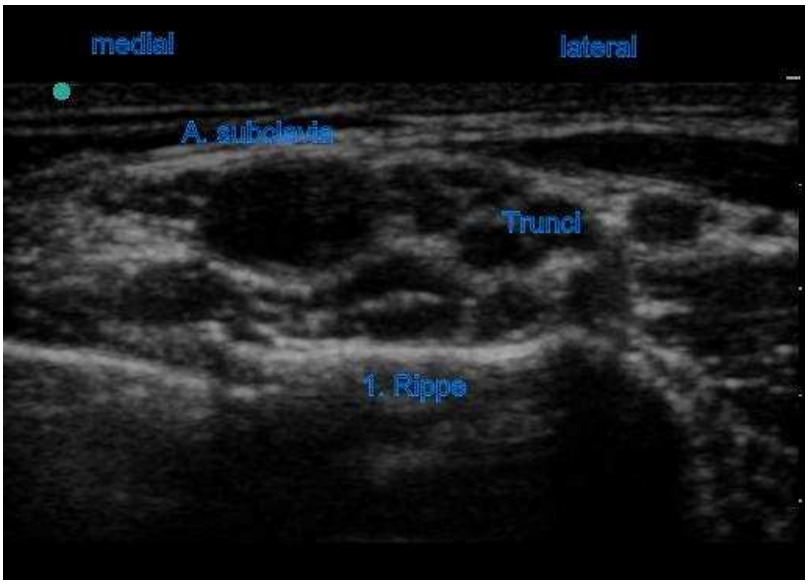


Abb.9: Ultraschall-Bild mit der relevanten Sonoanatomie für die supraklavikuläre Plexusblockade. Zu identifizieren sind die Arteria subclavia, die Trunci des Plexus brachialis und die erste Rippe. Die Pleura ist am linken Bildrand als hyperechogene Linie unterhalb der ersten Rippe zu erkennen. Zur Verfügung gestellt aus dem Bildarchiv der Klinik der Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm. A.= Arteria.

2.2 Definition des Blockadeerfolges

Für das Blockadeergebnis wurden drei Gruppen festgelegt: der komplette Block, der supplementierte Block und die Konversion zur Vollnarkose bei unzureichender Blockade. Definiert wurde der erfolgreiche bzw. komplette Block dadurch, dass nach dem Hautschnitt keine weitere Applikation von Lokalanästhetikum, Rapifen® oder Fentanyl® erfolgte.

Wenn nach dem Hautschnitt die Injektion von Ketanest®, Rapifen® , Fentanyl®oder ein Ultiva®-Perfusor erforderlich war, wurde der Block als supplementiert definiert. In diese Gruppe wurden auch Blockaden zugeteilt, bei denen entweder vor oder nach OP-Beginn Lokalanästhetikum als „Rescue-Block“ verabreicht wurde.

Bei unzureichenden Blockaden wurde eine Vollnarkose eingeleitet. Der Patient wurde kontrolliert über eine Larynxmaske oder einen Tubus beatmet.

Für die statistische Auswertung wurde zwischen erfolgreichen Blockaden und nicht erfolgreichen Blockaden unterschieden. Hierzu wurden die supplementierten und zur Vollnarkose konvertierten Blockaden als nicht erfolgreich gewertet.

2.3 Definition der Einleitungs- und Gesamtzeit

Die Einleitungszeit ist definiert als die Zeit vom Beginn der Anlage einer Venenverweilkanüle, über die Durchführung der jeweiligen Blockade bis hin zur letzten Injektion des Lokalanästhetikums.

Die Gesamtzeit setzt sich aus der Einleitungs- und der Übergangszeit zusammen und endet mit dem Hautschnitt. Die Übergangszeit schließt die Einwirkungszeit des Lokalanästhetikums, das Warten auf einen freien OP-Saal, sowie dessen Reinigung mit ein. Die Rüstzeit des OP-Saals und die Vorbereitungsmaßnahmen der jeweiligen Chirurgen können die Übergangs- und damit die Gesamtzeit ebenfalls beeinflussen. Die hier verwendete Übergangszeit ist somit ein komplexer Parameter, der nicht nur von der Einwirkungszeit des Lokalanästhetikums abhängt.

2.4 Ein- und Ausschlusskriterien

In diese Studie wurden alle Blockaden mit den fünf oben beschriebenen Techniken für handchirurgische Operationen einbezogen, die im Zeitraum zwischen dem 01.01.2004 und dem 30.09.2010 durchgeführt wurden. Dies waren insgesamt 5031 Blockaden, von denen 4856 ausgewertet werden konnten. Alle Alters- und alle ASA-Klassen wurden eingeschlossen, auch Katheterverfahren waren zulässig.

Zum Ausschluss eines Datensatzes führte eine unvollständige Dokumentation. Entsprechend waren in diesen Fällen nicht alle relevanten Informationen aus dem Anästhesieprotokoll zu entnehmen. Nicht eingeschlossen wurden auch bereits gelegte Plexus-Katheter, die für die Narkose aufgespritzt wurden.

2.5 Berechnung zur ökonomischen Betrachtung

Der Anschaffungspreis eines Ultraschallgeräts variiert zwischen 20.000 und 40.000 Euro. Zur Berechnung der Kosten für eine OP-Minute, wurden Kostendaten für Operationen am Karpaltunnel an der Uniklinik Ulm herangezogen. Diese Kosten wurden als repräsentativ für alle anderen Operationen an der oberen Extremität gewertet und für weitere

Berechnungen verwendet. Nimmt man als Berechnungsgrundlage das aktuelle Kalkulationshandbuch für DRGs, so betragen die Kosten für eine Karpaltunnel-OP an der Uniklinik Ulm 1338 Euro. Wird dieser Betrag durch die Summe der durchschnittlichen OP-Minuten (40 Minuten) und der durchschnittlichen Rüstzeit (48 Minuten) geteilt, ergibt sich ein Betrag von etwa 15 Euro pro OP-Minute. Unter dieser Voraussetzung wurde von uns unter Ausschluss vieler weiterer Variablen berechnet, ob sich die Anschaffung amortisieren könnte.

Für diese Berechnung wurden die Mediane der Gesamtzeit der einzelnen Verfahren einbezogen. Die Differenz zweier Mediane in Minuten wurde mit 15 Euro multipliziert. So ergab sich ein durchschnittlicher Wert, um den die schnellere Blockade günstiger war als das zu vergleichende Verfahren. Es wurden bei dem Betrag für die Ersparnis 4 Euro pro Ultraschall gesteuerte Blockade abgezogen, da das die Kosten für die sterile Hülle des Ultraschallkopfes sind.

2.6 Datenbank

Die Daten aus den Narkoseprotokollen wurden aus den hausinternen Datenbanken ISH oder MEDLINK entnommen, in denen die Anästhesieprotokolle digitalisiert vorlagen. Für die Eingabe der relevanten Daten wurde eine Access®-Datenbank erstellt. Hieraus wurden die Daten für die jeweiligen Fragestellungen zusammengestellt und anonymisiert mit Microsoft Excel® und Word® grafisch und tabellarisch weiter verarbeitet.

Die erhobenen Parameter sind in Tab.1 aufgeführt. In der linken Spalte befinden sich die Daten, die aus den Narkoseprotokollen entnommen werden sollten. In der mittleren Spalte sind die Auswahlmöglichkeiten für die entsprechenden Daten zu finden. Für die Auswertung der Operationsart, der Alters- und Gewichtsklasse fand noch eine weitere Unterteilung in verschiedene Gruppen statt. Diese Untergruppen befinden sich in der dritten Spalte der Tabelle.

Tab.1: Tabellarische Darstellung der erfassten Daten, unterteilt in deren Auswahlmöglichkeiten und Untergruppen. Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, J= Jahre, WHO= World Health Organisation, BMI= Body Mass Index, kg= Kilogramm, m^2= Quadratmeter.

Daten	Auswahl	Gruppen
Art der Plexusnarkose	Plex. Ax., USG Plex. Ax., VIP, USG IP, SCP	
Finalstatus	kompletter Block, supplementierter Block, Konversion zur Vollnarkose	
Operationsart	Morbus Dupytren, Nervennaht, Sehnennaht, Ganglion, Karpaltunnelsyndrom, Radiusfraktur, Handgelenksspiegelung, Unterarmfraktur, Fingerfraktur, Handphlegmone, Mittelhandfraktur, Sulcus ulnaris, Amputation, Sonstiges	Radiusfraktur, Morbus Dupytren, Karpaltunnelsyndrom, Handgelenksspiegelung
Erfahrung	Assistenzarzt/Arzt im Praktikum, Facharzt, Oberarzt	
Einleitungszeit in min		
Ende Einleitung bis Operationsbeginn in min		
Medikation (bei Supplementierung)	Ketanest®, Lokalanästhetikum, Ultiva®-Perfusor	
Technikwechsel	ja/ nein	
Larynxmaske	ja/ nein	
Intubationsnarkose	ja/ nein	
Katheter	ja/ nein	
Nervenstimulator	ja/ nein	
Ultraschall	ja/ nein	
Alter in Jahren		Kinder 0-15J, Erwachsene 16-59J, ältere Menschen 60-75J, alte Menschen ab

		75J
BMI errechnet nach BMI = Körpermasse (in kg)/ Körpergröße^2 (in m^2)		WHO: Untergewicht, Normalgewicht, Übergewicht, Adipositas 1, Adipositas 2, Adipositas 3
Geschlecht	männlich, weiblich	

2.7 Statistik

Die statistische Untersuchung wurde in Kooperation mit dem biometrischen Institut der Universitätsklinik Ulm durchgeführt. Die Vergleiche der Erfolgsraten im Ergebnisteil in 3.2.1., 3.2.2. und 3.2.4. wurden grob orientierend mit einem chi-quadrat-Test für rXc-Kontingenztafeln durchführt. Bei 3.2.2. wurde zusätzlich der exakte Test nach Fischer herangezogen. Es wurde untersucht, ob in den Gruppen Unterschiede in der Erfolgsrate vorhanden sind. In der Kreuztabelle kann man erkennen, ob eine Erfolgsrate deutlich höher ist als bei einem anderen Verfahren. In 3.2.3. wurden konkret zwei Verfahren miteinander verglichen. Hier wurde ein Zweistichproben-Test für Anteile herangezogen, um jeweils die zwei Gruppen miteinander zu vergleichen. Im Hypothesen-Test wurde überprüft, ob sich die Erfolgsrate in beiden Gruppen unterscheidet. Nach Ausschluss der Normalverteilung in Histogrammen wurden die Fragestellungen zu den Einleitungs- und Gesamtzeiten in 3.3.2. mit dem Wilcoxon-Rangsummen-Test geprüft. Ein p-Wert <0,05 wird als signifikant gewertet.

Es handelt sich bei dieser Untersuchung um retrospektive Daten, die zwar statistisch untersucht wurden, deren Ergebnisse bzw. Aussagekraft jedoch wegen der fehlenden Strukturgleichheit der Daten nur orientierend anzusehen sind.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Darstellung der Plexusblockaden von 2004 bis 2010

Im Zeitraum vom 01.01.2004 bis zum 30.09.2010 wurden 4856 Plexusnarkosen für Operationen an der oberen Extremität ausgewertet. Hiervon waren 810 Plex. Ax., 504 USG Plex. Ax., 196 VIP, 2574 USG IP und 772 SCP. Somit wurden 1006 Blockaden ohne Ultraschall und 3850 Blockaden mit Ultraschall durchgeführt. Abb. 10 zeigt eine zeitliche Zuordnung der Blockadezahlen für die Jahre 2004 bis 2010.

Tendenziell wurden ab 2006 vermehrt Ultraschall gesteuerte Blockaden verwendet. Hingegen wurden Blockaden ohne Ultraschall ab 2007 nur noch vereinzelt durchgeführt. Der Plex. Ax. war 2004 und 2005 die häufigste angewendete Technik. Ab 2007 wurde axillär fast nur noch Ultraschall gesteuert blockiert. Von 2006 bis 2009 wurden die meisten Eingriffe mittels USG IP durchgeführt. Der SCP erlangte 2009 zunehmend an Bedeutung und entwickelte sich 2010 quantitativ zur Standardblockadetechnik.

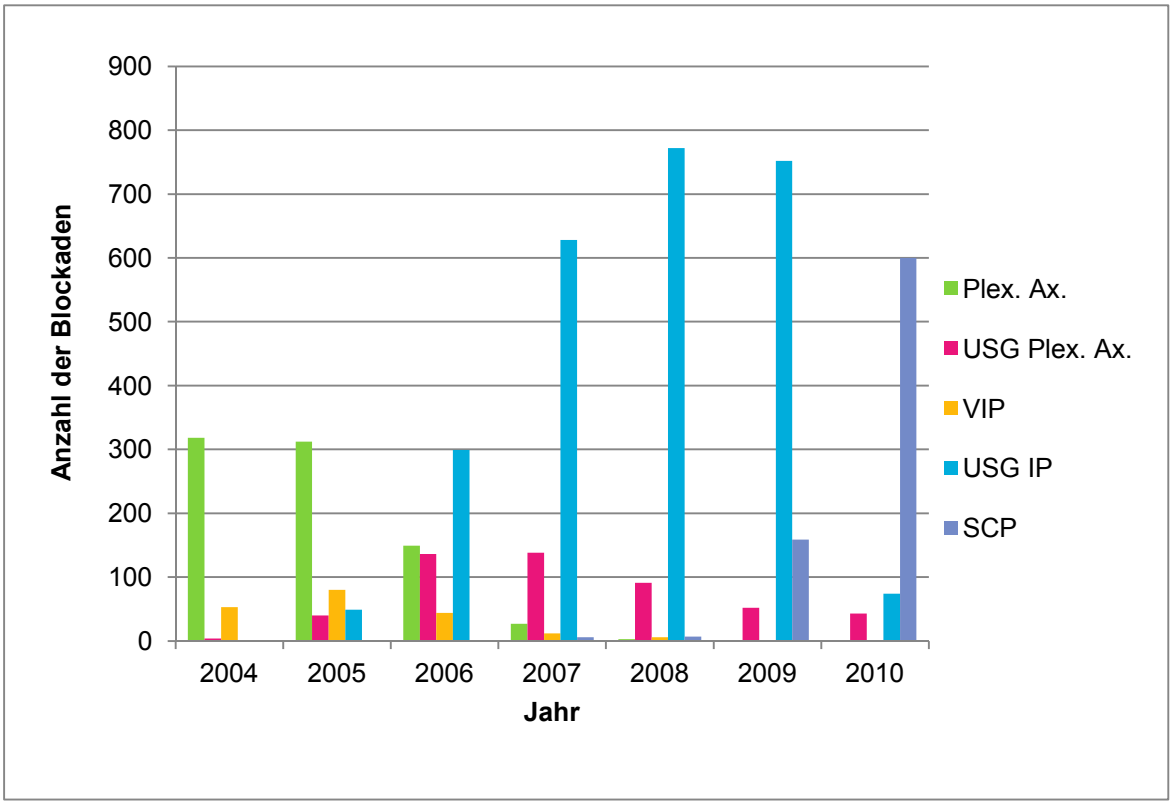


Abb. 10: Graphische Darstellung der Anzahl der an der Universitätsklink Ulm durchgeführten fünf verschiedenen Plexusblockaden pro Jahr im Zeitraum vom 01.01.2004 bis 30.09.2010. Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator.

3.2 Erfolgsrate

3.2.1 Erfolgsrate der fünf Blockadetechniken für alle Operationsarten

Im chi-quadrat-Test für rXc-Kontingenztafeln ergaben sich deutliche Unterschiede für die Erfolgsraten der einzelnen Verfahren. Tendenziell waren die Ultraschall gesteuerten Verfahren erfolgreicher.

3.2.1.1 Erfolgsrate des Plex. Ax.

Insgesamt wurden 810 Blockaden mittels Plex. Ax. durchgeführt. Nur 61% der Blockaden waren erfolgreich, dazu mussten noch 26% supplementiert werden und bei 13% fand eine Konversion zur Vollnarkose statt (Abb. 11). Die Supplementierung erfolgte bei 211 Blockaden zu 69% mit Ultiva®, zu 15% mit Rapifen®, zu 12% mit Ketanest® und zu 4% mit Lokalanästhetikum.

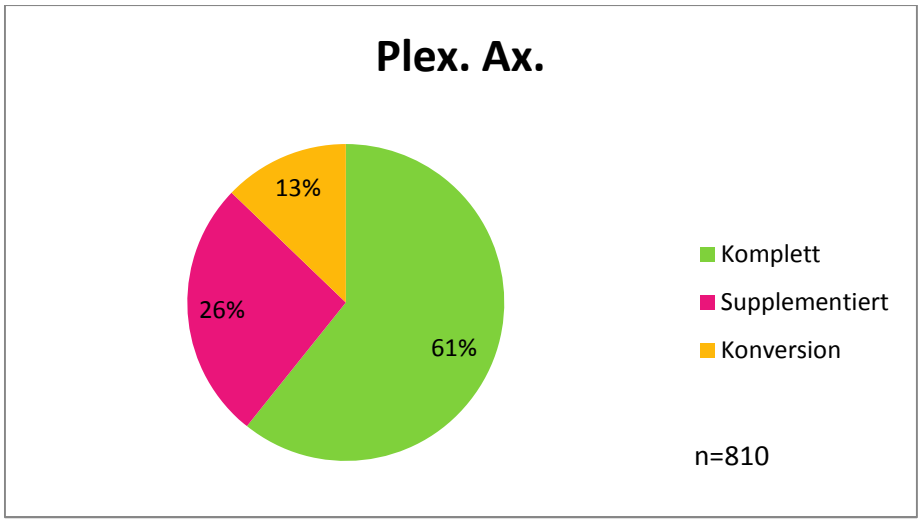


Abb. 11: Prozentuale Erfolgsrate des Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

3.2.1.2 Erfolgsrate des USG Plex. Ax.

Insgesamt wurden beim USG Plex. Ax. 504 Blockaden durchgeführt. 86% der Blockaden waren erfolgreich, 10% mussten supplementiert werden und bei 4% fand eine Konversation zur Vollnarkose statt (Abb. 12). Die Supplementierung erfolgte bei 50 Blockaden zu 54% mit Ultiva®, zu 20% mit Ketanest®, zu 18% mit Lokalanästhetikum und zu 8% mit Rapifen®.

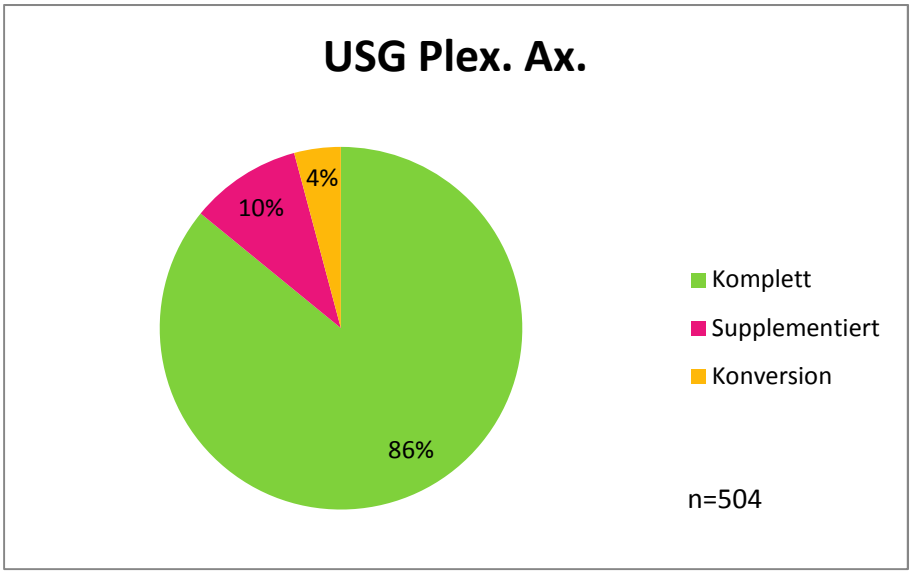


Abb. 12: Prozentuale Erfolgsrate des USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

3.2.1.3 Erfolgsrate des VIP

Bei einer Gesamtzahl von 196 Blockaden waren 65% erfolgreich, 20% mussten supplementiert werden und bei 15% fand eine Konversation zur Vollnarkose statt (Abb. 13). Die Supplementierung erfolgte bei 40 Blockaden zu 68% mit Ultiva®, zu 20% mit Rapifen®, zu 10% mit Lokalanästhetikum und zu 2% mit Ketanest®.

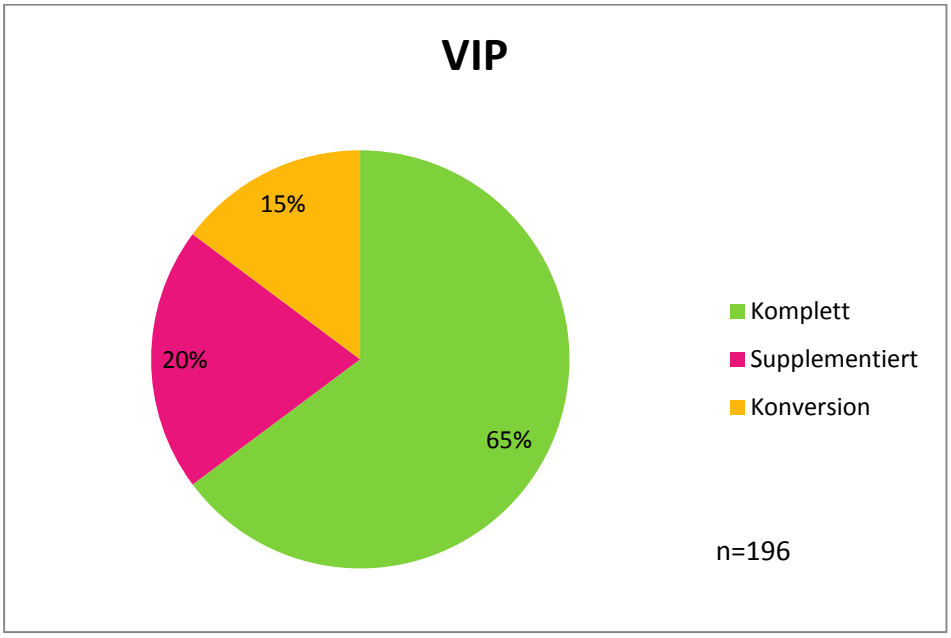


Abb. 13: Prozentuale Erfolgsrate des VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

3.2.1.4 Erfolgsrate beim USG IP

Beim USG IP waren 86% von 2574 Blockaden erfolgreich, 7% mussten supplementiert werden und bei weiteren 7% fand eine Konversation zur Vollnarkose statt (Abb. 14). Die Supplementierung erfolgte bei 194 Blockaden zu 68% mit Ultiva®, zu 20% mit Rapifen®, zu 10% mit Lokalanästhetikum und zu 2% mit Ketanest® (Abb. 14).

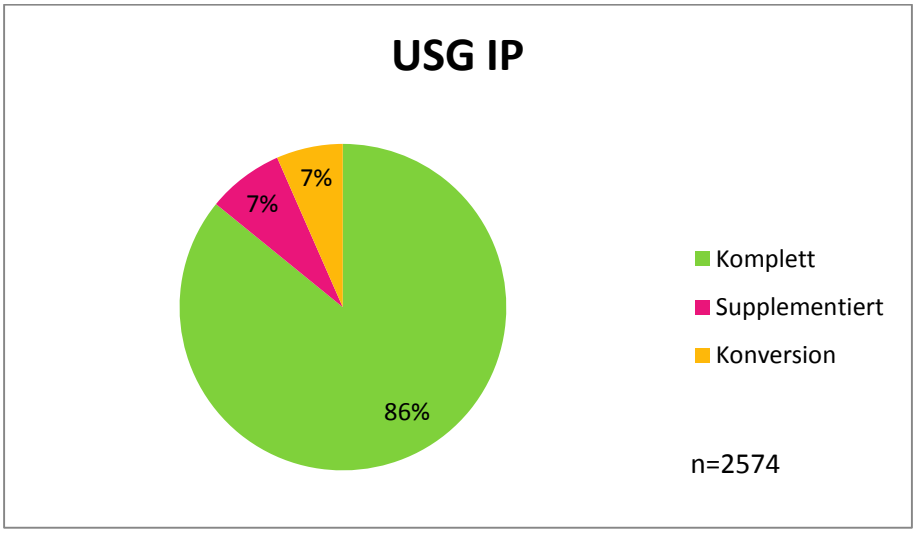


Abb. 14: Prozentuale Erfolgsrate des USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

3.2.1.5 Erfolgsrate beim SCP

Bei 772 Blockaden wurde mit 92% die höchste Erfolgsrate erzielt, 4% der Blockaden mussten supplementiert werden und nur bei 4% fand eine Konversation zur Vollnarkose statt (Abb. 15). Die Supplementierung erfolgte bei 28 Blockaden zu 39% mit Ultiva®, zu 11% mit Rapifen®, zu 29% mit Lokalanästhetikum und zu 21% mit Ketanest® (Abb. 15).

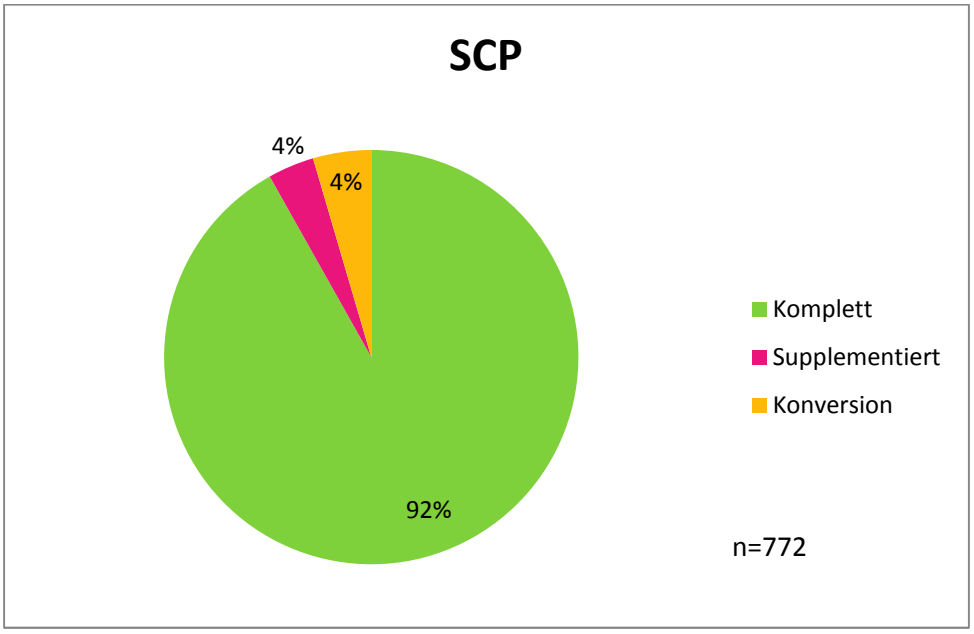


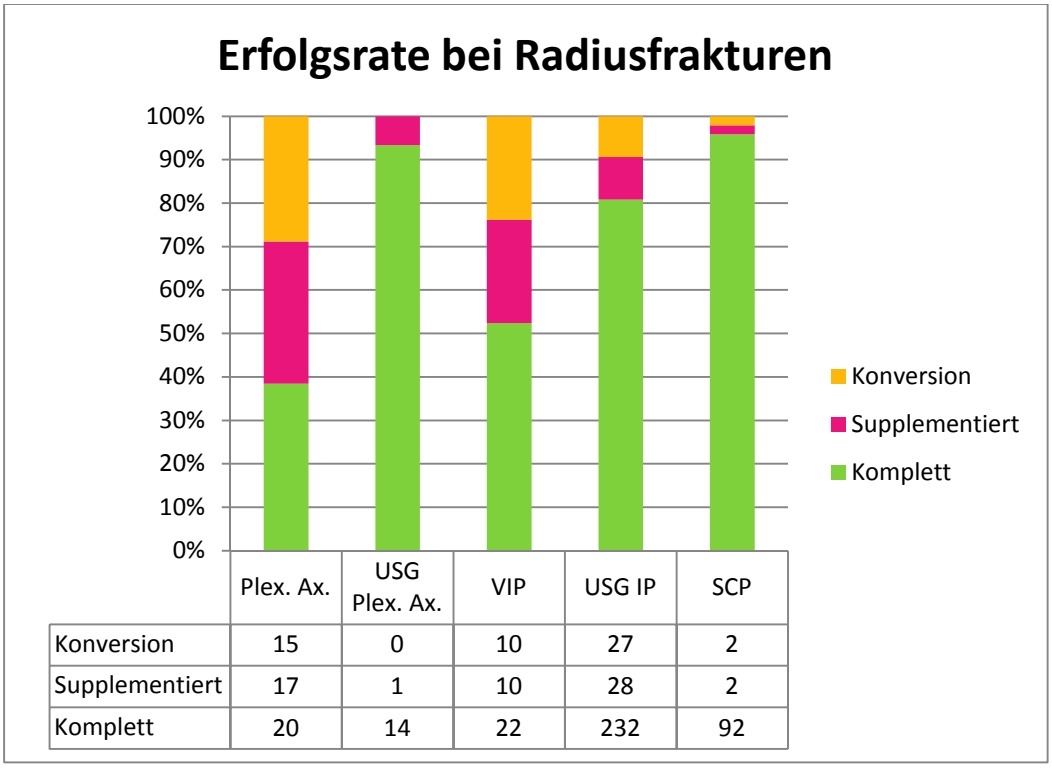
Abb. 15: Prozentuale Erfolgsrate des SCP= supraklavikulärer Ultraschall gesteuerter Plexus mit und ohne Nervenstimulator, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

3.2.2 Erfolgsrate der fünf Blockaden bei Operationen an Radiusfrakturen, Karpaltunnelsyndromen, Morbus Dupuytren und Handgelenkarthroskopien

Im chi-quadrat-Test für rXc-Kontingenztafeln ergeben sich deutlich Unterschiede für die Erfolgsraten der einzelnen Verfahren. Tendenziell sind die Ultraschall gesteuerten Verfahren erfolgreicher.

3.2.2.1 Radiusfrakturen

Abb. 16 zeigt die auffallend geringen Erfolgraten für den Plex. Ax. mit 38% bei n =52 und den VIP mit 52% bei n= 42. Hingegen liefern die Ultraschall gesteuerten Verfahren hier wesentlich höhere Erfolgsraten: USG Plex. Ax. 93% bei n= 15, USG IP 81% bei n= 287 und SCP 96% bei n= 96.



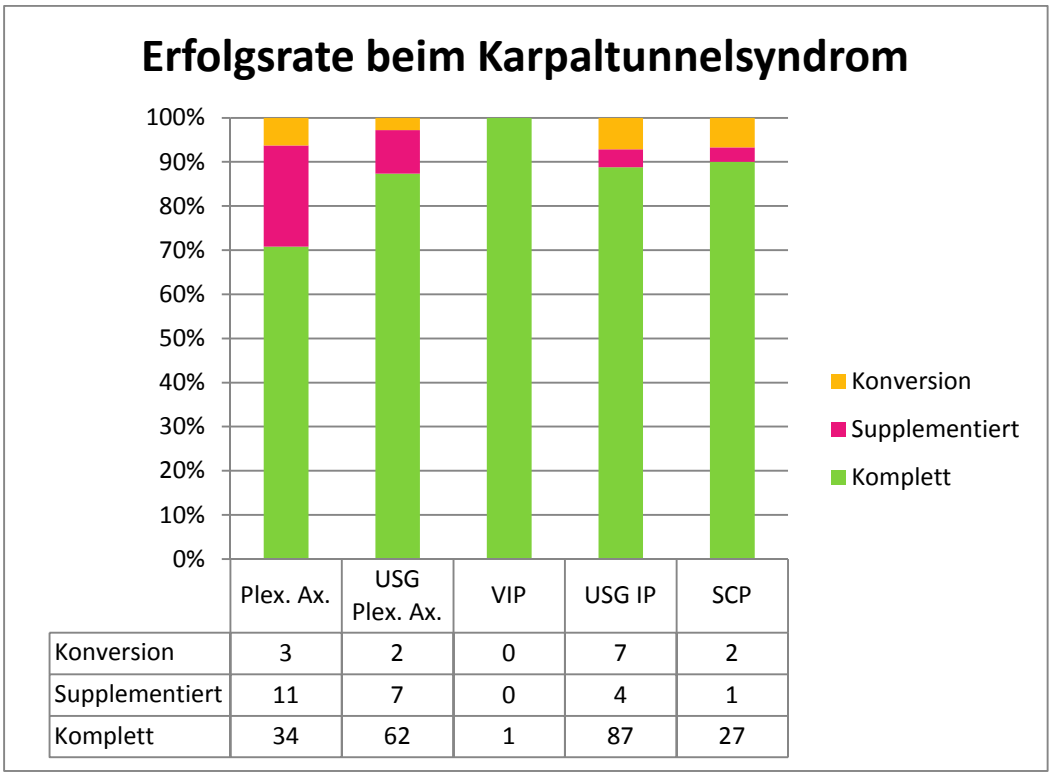
	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP
Konversion	15	0	10	27	2
Supplementiert	17	1	10	28	2
Komplett	20	14	22	232	92

Abb. 16: Darstellung der Erfolgsraten der verschiedenen Plexusblockaden bei Radiusfrakturen. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und

Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

3.2.2.2 Karpaltunnelsyndrom

Im Gegensatz zu Radiusfrakturen ist die Erfolgsrate bei Operationen am Karpaltunnelsyndrom für den Plex. Ax. mit 71% bei n= 48 vergleichsweise hoch. Dennoch sind die Ultraschall gesteuerten Verfahren auch hier erfolgreicher: USG Plex. Ax. 87% bei n= 71, USG IP 89% bei n= 98 und SCP 90% bei n= 30 (Abb. 17). Der VIP wurde nur einmal durchgeführt und bietet daher kein aussagekräftiges Ergebnis.

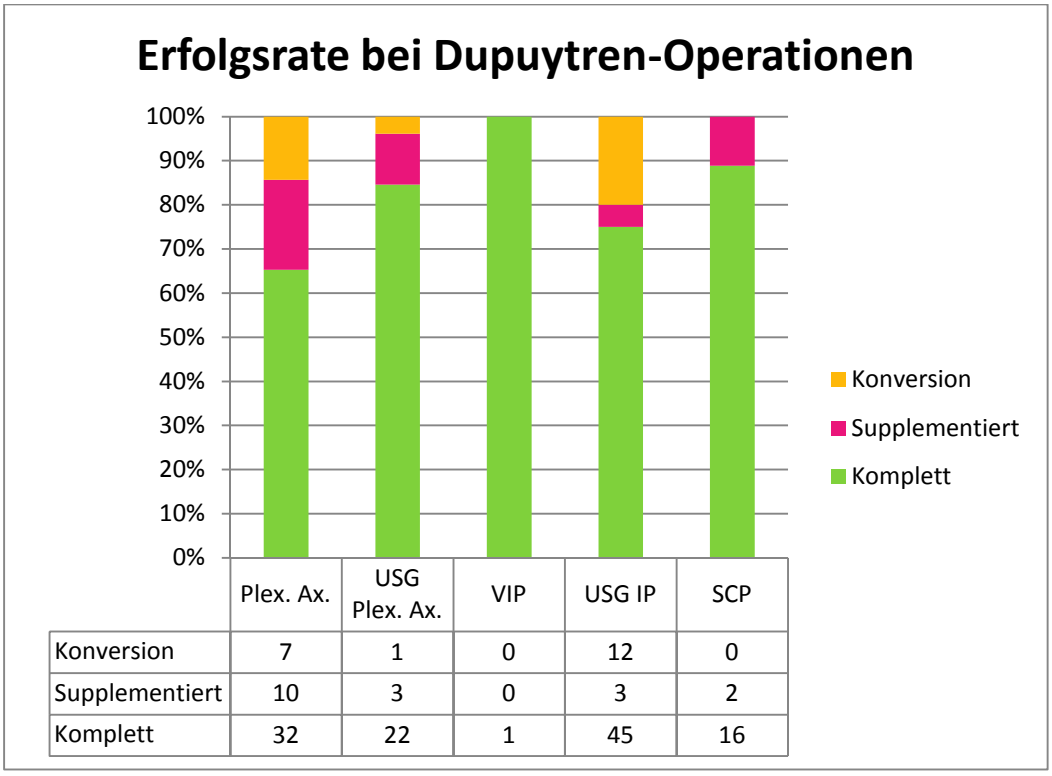


	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP
Konversion	3	2	0	7	2
Supplementiert	11	7	0	4	1
Komplett	34	62	1	87	27

Abb. 17: Darstellung der Erfolgsraten der verschiedenen Plexusblockaden bei Operationen am Karpaltunnelsyndrom. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex.Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

3.2.2.3 Morbus Dupuytren

Die Erfolgsrate bei Dupuytren-Operationen ist für den Plex. Ax. mit 67% bei n= 48 am niedrigsten von allen Verfahren, doch im Vergleich zu der Erfolgsrate des Plex. Ax. bei Radiusfrakturen vergleichsweise hoch. Erstaunlich niedrig ist die Erfolgsrate des USG IP mit 72% bei n= 60. Im Gegensatz hierzu liefern die anderen Ultraschall gesteuerten Verfahren deutlich höhere Erfolgsraten: USG Plex. Ax. 85% bei n= 26 und SCP 89% bei n= 18 (Abb. 18). Auch hier wurde der VIP nur einmal durchgeführt und bietet daher kein aussagekräftiges Ergebnis.

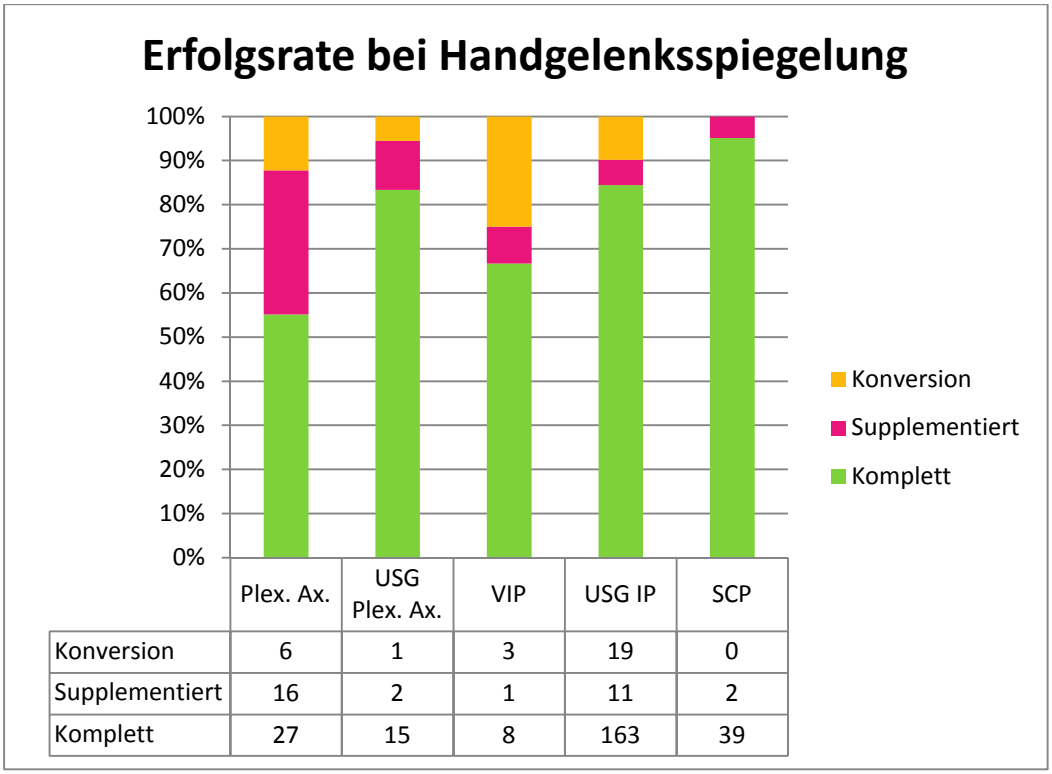


	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP
Konversion	7	1	0	12	0
Supplementiert	10	3	0	3	2
Komplett	32	22	1	45	16

Abb. 18: Darstellung der Erfolgsraten der verschiedenen Plexusblockaden bei Dupuytren-Operationen. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

3.2.2.4 Handgelenksspiegelung

Auch die Erfolgsraten bei den Handgelenksspiegelungen fallen für die Ultraschall gesteuerten Blockaden deutlich höher aus als bei den Verfahren ohne Ultraschall. Die Erfolgsraten des Plex. Ax. mit 55% bei n= 49 und des VIP mit 67% bei n= 12 sind vergleichsweise niedriger als die Ultraschall gesteuerten Verfahren USG Plex. Ax. mit 83% bei n= 18, USG IP mit 84% bei n= 193 und SCP mit 95% bei n= 41 (Abb. 19).



	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP
Konversion	6	1	3	19	0
Supplementiert	16	2	1	11	2
Komplett	27	15	8	163	39

Abb. 19: Darstellung der Erfolgsraten der verschiedenen Plexusblockaden bei Handgelenksspiegelung. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

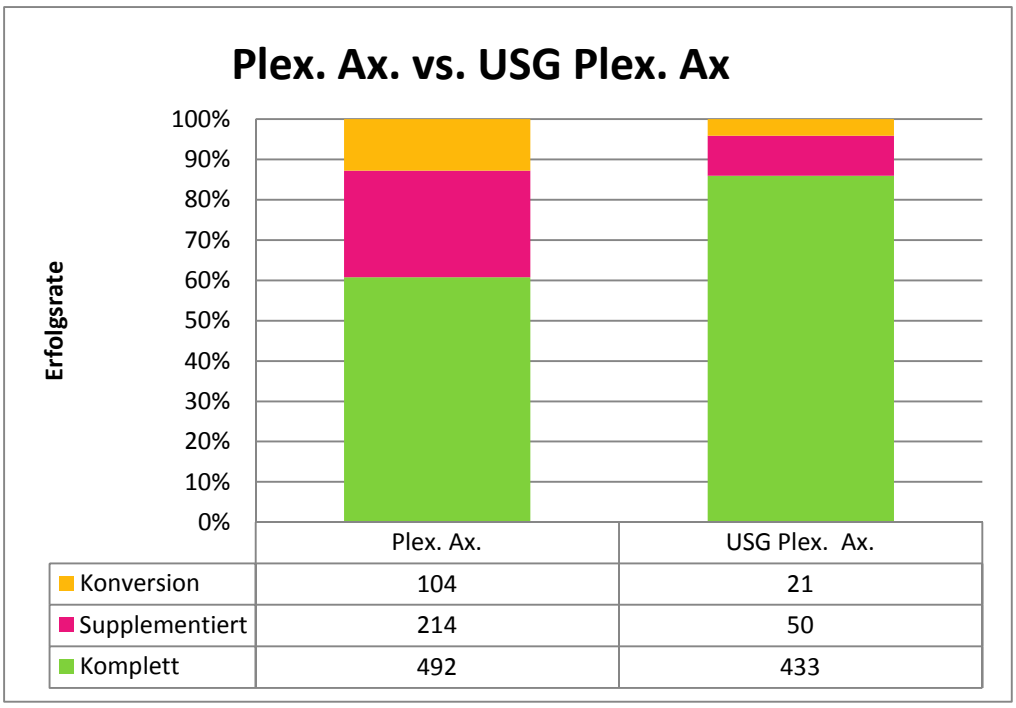
3.2.3 Vergleich der Erfolgsraten zwischen zwei Verfahren

3.2.3.1 Vergleich der axillanahen Blockaden

Der Ultraschall gesteuerte Plexus zeigt eine vergleichsweise deutlich höhere Erfolgsrate mit 86% bei n= 504 vs. 61% bei n= 810 (Abb. 20).

Für die statistische Auswertung wurde der supplementierte Block und die Konversion zur Vollnarkose als Misserfolg zusammengefasst. Es wurde zwischen den Gruppen die Erfolgsrate versus die Misserfolgsrate getestet. Dies gilt auch für die folgenden vier Vergleiche.

Bezüglich der axillären Blockaden ergab sich im Zweistichprobentest ein deutlicher Unterschied zu Gunsten der Erfolgsrate des Ultraschall-Verfahrens mit p <0,0001.



	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.
Konversion	104	21
Supplementiert	214	50
Komplett	492	433

Abb. 20: Darstellung der Erfolgsraten des Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator im Vergleich zum USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall im gesamten Kollektiv. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

3.2.3.2 Vergleich aller Ultraschall gesteuerten Verfahren vs. alle nicht Ultraschall gesteuerten Verfahren

Abb. 21 zeigt im Vergleich die Erfolgsraten der Ultraschall gesteuerten Verfahren und der rein Nervenstimulator gesteuerten Verfahren. Insgesamt wurden 3352 Patienten erfolgreich mit Ultraschall blockiert, bei 498 Patienten musste der Block supplementiert werden oder führte zur Vollnarkose. Dies entspricht einer Erfolgsrate von 87% bei n= 3850. Bei den Verfahren ohne Ultraschall waren 619 Blockaden erfolgreich. Hingegen mussten 387 Blockaden supplementiert werden bzw. zu einer Vollnarkose konvertiert werden. Dies entspricht einer Erfolgsrate von nur 62% bei n= 1006.

Im Zweistichprobentest ergab sich ein deutlicher Unterschied zu Gunsten der Ultraschall gesteuerten Verfahren mit p <0,0001.

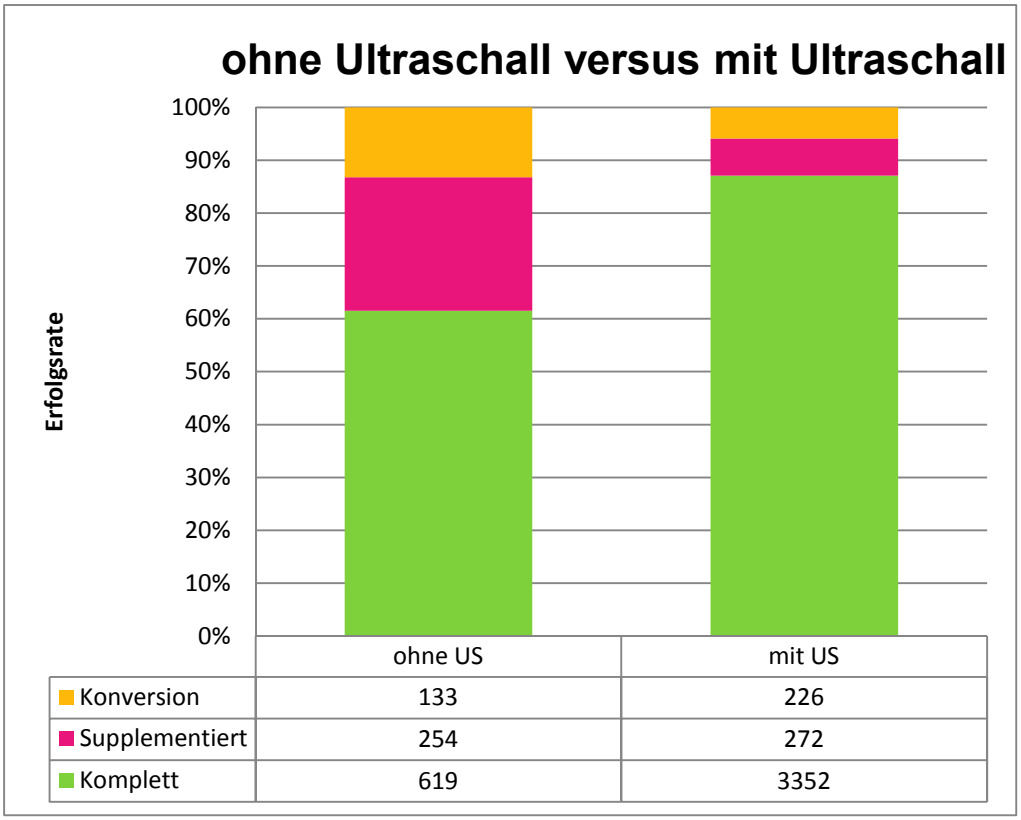


Abb. 21: Darstellung der Erfolgsraten aller Ultraschall gesteuerten Verfahren (Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator) im Vergleich zu allen nicht Ultraschall gesteuerten Verfahren (Plexus axillaris mit Nervenstimulator und vertikaler infraklavikulärer Plexus mit

Nervenstimulator) im gesamten Kollektiv. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, US= Ultraschall.

3.2.3.3 Vergleich der infraklavikulären Blockaden

Wie Abb. 22 zeigt, war die Erfolgsrate für die infraklavikulären Blockaden beim Ultraschall gesteuerten Verfahren mit 86% (n= 2574) höher als beim VIP mit 65% (n= 196).

Im Zweistichprobentest ergab sich ein deutlicher Unterschied zu Gunsten des USG IP mit p <0,0001.

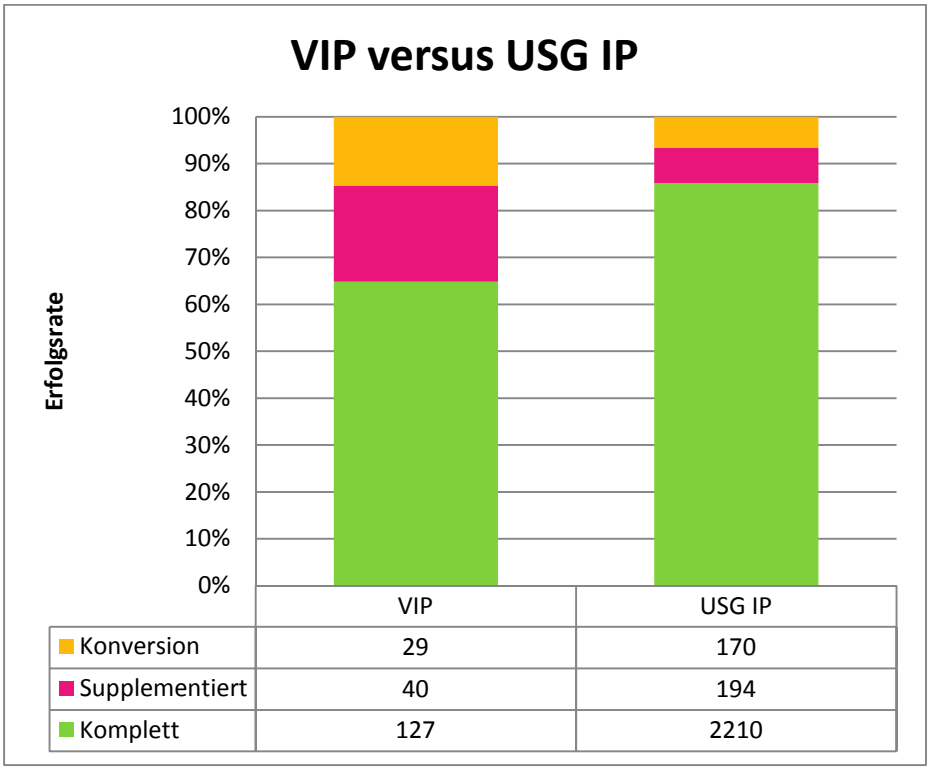


Abb. 22: Darstellung der Erfolgsrate des VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator im Vergleich zum USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall im gesamten Kollektiv. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

3.2.3.4 Vergleich der periklavikulären USG Verfahren

Der supraklavikuläre Block hat die höchste Erfolgsrate von allen untersuchten Verfahren mit 92% bei n= 772 (Abb. 23).

Hierbei ergab sich im Zweistichprobentest ein deutlicher Unterschied zu Gunsten der Erfolgsrate des SCP im Vergleich zum USG IP mit p <0,0001.

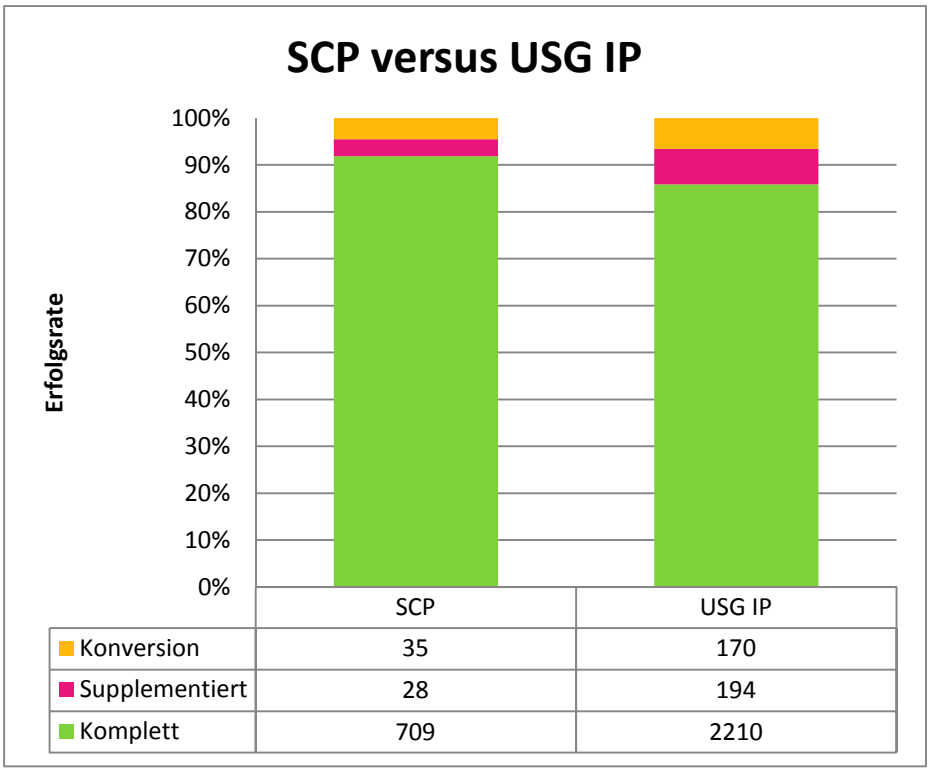


Abb. 23: Darstellung der Erfolgsrate des USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall im Vergleich zum SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator im gesamten Kollektiv. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

.

3.2.3.5 Einfluss des Nervenstimulators auf die Erfolgsrate beim SCP

Mit Nervenstimulator waren 95% aller Blöcke bei n= 395 erfolgreich, ohne Nervenstimulator hingegen nur 90% bei n= 372 (Abb 24).

Im Zweistichprobentest ergab sich ein signifikanter Unterschied zu Gunsten der Erfolgsrate des SCP mit NS, p <0,0031.

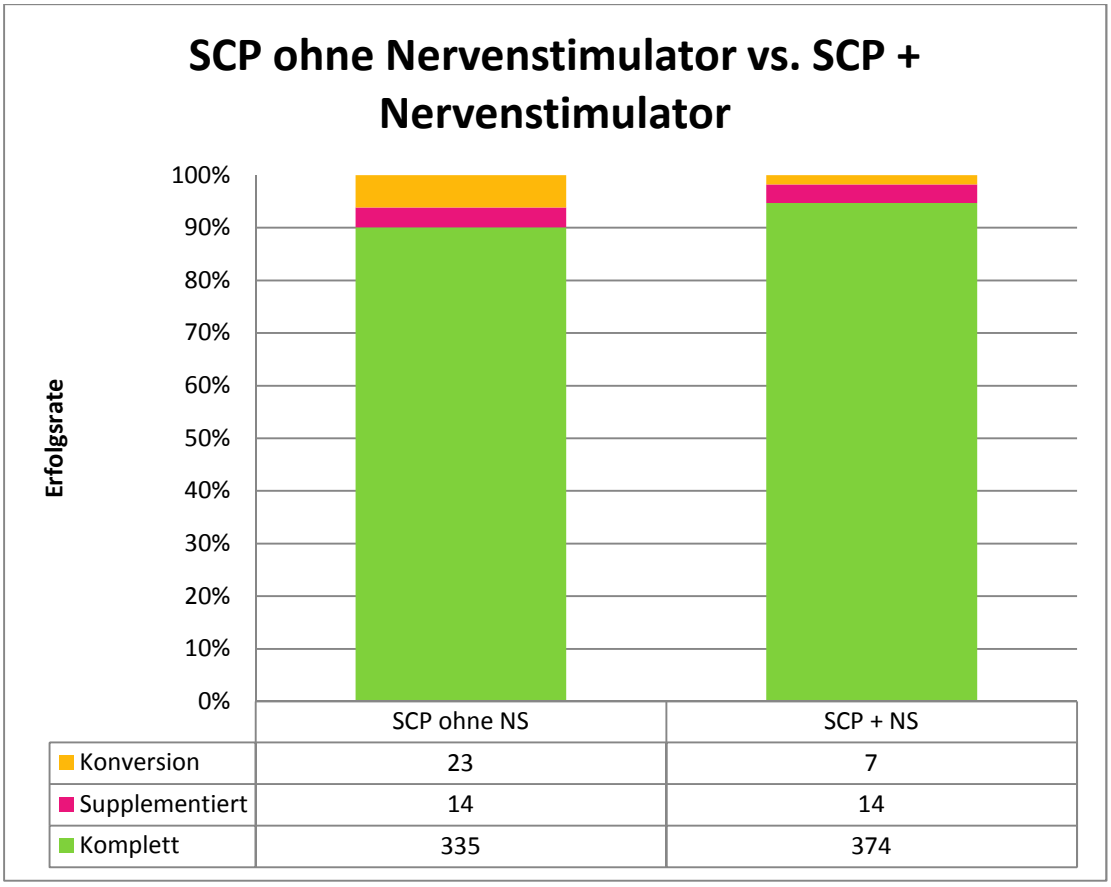


Abb. 24: Darstellung der Erfolgsrate des SCP ohne NS= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus ohne Nervenstimulator im Vergleich zum SCP + NS= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator im gesamten Kollektiv. Die prozentualen Raten sind graphisch dargestellt und die Absolutwerte tabellarisch zugeordnet, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

3.2.4 Einfluss des Ausbildungsstandes des Arztes auf die Erfolgsrate

Im chi-quadrat-Test zeigte sich, dass der Ausbildungsstand des Anästhesisten keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsraten des Plex. Ax. hat. Hingegen ergab sich für den USG Plex. Ax., dass die Erfolgsraten bei höherem Ausbildungsstand deutlich größer sind: 92,7% vs. 87,8% vs. 81%. Bei allen anderen Verfahren spielt der Ausbildungsstand keine deutliche Rolle (Tab. 2).

Tab. 2: Darstellung der prozentualen Erfolgsraten der verschiedenen Plexusverfahren unterteilt nach Ausbildungsstand des durchführenden Anästhesisten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall, SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator und alle Blöcke= alle 5 Blöcke zusammengefasst. Der Ausbildungsstand wird unterschieden nach Ass= Assistenzarzt oder Arzt im Praktikum, FA= Facharzt und OA= Ober- oder Chefarzt, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP	Alle Blöcke
ASS Komplett	59,5	**81**	62,1	85,2	91,1	79,7
ASS Supplementiert	27,3	13,6	24,1	7,3	3,3	11,9
ASS Konversion	13,2	5,4	13,8	7,5	5,6	8,4
	n=546	n=258	n=116	n=1470	n=393	n=2783
FA Komplett	67,4	**87,8**	69,4	85	92,8	83,8
FA Supplementiert	20,4	4,9	16,7	9,1	2,9	9,3
FA Konversion	12,2	7,3	13,9	5,9	4,4	6,9
	n=98	n=82	n=36	n=474	n=138	n=828
OA Komplett	60,8	**92,7**	68,2	87,9	92,5	85,1
OA Supplementiert	27,1	6,7	13,6	7	4,6	9,4
OA Konversion	12,1	0,6	18,2	5,1	2,9	5,5
	n=166	n=164	n=44	n=630	n=241	n=1245

3.2.5 Einfluss des Patientengewichtes auf die Erfolgsrate

Bezüglich der Erfolgsrate zeigen sich keine signifikanten Einflüsse des Körpergewichtes des Patienten (Tab. 3).

Tab. 3: Darstellung der prozentualen Erfolgsraten der verschiedenen Plexusverfahren unterteilt nach Gewichtsklassen. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex.Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator. Die Gewichtsklassen sind definiert nach Richtlinien der World Health Organisation, bezogen auf den ermittelten Body Mass Index der Patienten, in Untergewicht, Normalgewicht, Übergewicht, Adipositas Grad 1, Adipositas Grad 2 und Adipositas Grad 3, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP
Untergewicht	n=30	n=21	n=6	n=88	n=33
Komplett	80	100	83,3	88,6	90
Supplementiert	16,7	0	16,7	6,8	10
Konversion	3,3	0	0	4,6	0
Normalgewicht	n=336	n=196	n=90	n=1151	n=323
Komplett	61,9	90,8	61,1	86,7	93,2
Supplementiert	25	6,1	24,4	6,9	3,7
Konversion	13,1	3,1	14,4	6,4	3,1
Übergewicht	n=301	n=173	n=73	n=933	n=283
Komplett	59,8	84,4	65,8	85,1	91,2
Supplementiert	27,6	10,4	15,1	7,8	3,2
Konversion	12,6	5,2	19,2	7,1	5,6
Adipositas Grad 1	n=106	n=64	n=14	n=304	n=101
Komplett	54,7	76,6	57,1	85,5	91,1
Supplementiert	30,2	17,2	28,6	7,2	3
Konversion	15,1	6,3	14,3	7,2	5,9
Adipositas Grad 2	n=23	n=25	n=10	n=65	n=22
Komplett	60,9	84	80	78,5	86,4
Supplementiert	21,7	16	20	18,5	0
Konversion	17,4	0	0	3,1	13, 6
Adipositas Grad 3	n=5	n=20	n=2	n=24	n=9
Komplett	60	75	100	91,7	88,9
Supplementiert	20	20	0	8,3	11,1
Konversion	20	5	0	0	0

3.2.6 Einfluss des Geschlechtes auf die Erfolgsrate der fünf Blockadetechniken

Insgesamt ergibt sich kein Einfluss des Geschlechtes auf die Erfolgsraten der verschiedenen Blockaden (Tab. 4).

Tab. 4: Darstellung der prozentualen Erfolgsraten der verschiedenen Plexusverfahren unterteilt nach Geschlecht. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP = infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator und alle Blöcke= alle 5 Blockaden zusammengefasst, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP	Alle Blöcke
Männlich	n=517	n=320	n=115	n=1597	n=467	n=3016
Komplett	61,1	85	67	85,5	89,7	77,66
Supplementiert	27,1	10,3	19,1	8,4	4,3	13,84
Konversion	11,8	4,7	13,9	6,1	6	8,5
Weiblich	n=293	n=184	n=81	n=997	n=305	n=1860
Komplett	60,1	87,5	61,7	86,5	95,1	78,18
Supplementiert	25,3	9,2	22,2	6,1	2,6	13,08
Konversion	14,7	3,3	16,1	7,4	2,3	8,76

3.2.7 Einfluss des Patientenalters auf die Erfolgsrate der fünf Blockadetechniken

Auch das Alter des Patienten beeinflusst die Erfolgsrate nicht (Tab. 5).

Tab. 5: Darstellung der prozentualen Erfolgsraten der verschiedenen Plexusverfahren unterteilt nach Altersklassen. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator. Die Altersklassen sind festgelegt und definiert in AK 1= 0-15Jahre, AK 2= 16-59Jahre, AK 3= 60-75Jahre und AK4 = >75Jahre, aufgeteilt in komplette Blockade, supplementierte Blockade und Konversion zur Vollnarkose, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010, n= Anzahl.

	Plex. Ax.	USG Plex. Ax.	VIP	USG IP	SCP
AK 1	n=13	n=12	n=1	n=21	n=7
Komplett	76,9	100	100	85,7	85,7
Supplementiert	15,4	0	0	4,8	0
Konversion	7,7	0	0	9,5	14,3
AK 2	n=552	n=358	n=136	n=1825	n=532
Komplett	61,1	86,3	61,8	86,6	91,5
Supplementiert	25,4	9,8	21,3	7,2	4,3
Konversion	13,4	3,9	16,9	6,2	4,1
AK 3	n=171	n=105	n=37	n=565	n=168
Komplett	60,2	82,9	70,3	83,9	94,6
Supplementiert	28,7	11,4	21,6	8,5	1,2
Konversion	11,1	5,1	8,1	7,6	4,2
AK 4	n=74	n=29	n=22	n=163	n=65
Komplett	56,8	86,2	72,7	84,1	87,7
Supplementiert	29,7	10,3	13,6	8,6	4,6
Konversion	13,5	3,5	13,6	7,4	7,7

3.3 Einleitungszeit

3.3.1 Einleitungszeiten für alle fünf Blockadetechniken

In der Einleitungszeit liegen der USG IP und der SCP im Median bei 15 Minuten und sind damit 5 Minuten kürzer als die anderen Verfahren. Hinsichtlich der Gesamtzeit sind die Ultraschall gesteuerten Verfahren mit 40- 44 Minuten im Median 6-10 Minuten schneller als der Plex. Ax. und der VIP mit je 50 Minuten.

Tab. 6: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ und Gesamtzeiten= GZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter : n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung.

EZ/ GZ	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
EZ Plex. Ax.	810	0	15	**20**	25	165	22	13
EZ USG Plex. Ax.	504	2	15	**20**	25	68	20	9
EZ VIP	196	0	15	**20**	30	55	22	11
EZ USG IP	2574	0	14	**15**	20	65	18	8
EZ SCP	772	0	10	**15**	20	60	16	7
GZ Plex. Ax.	810	15	40	**50**	62	210	55	22
GZ USG Plex. Ax.	504	5	36	**44**	51	105	45	13
GZ VIP	196	15	40	**50**	60	140	54	20
GZ USG IP	2574	0	35	**43**	52	185	46	15
GZ SCP	772	0	35	**40**	48	160	43	14

3.3.2 Vergleich der fünf Verfahren hinsichtlich der Einleitungszeiten

Es wird angenommen, dass die Einleitungszeit= EZ und die Gesamtzeit= GZ in den Blöcken nicht normal verteilt ist. Dafür wurden Histogramme der EZ und GZ in den einzelnen Blöcken erstellt mit der entsprechenden Normalverteilungsdichte. Es zeigte sich, dass die Fläche der Histogramme eher nicht der Glockenform der Normalverteilung entspricht. Daher wird zur Untersuchung, ob es einen Unterschied der beiden Größen zwischen den verschiedenen Blockadeverfahren gibt, der unverbundene Wilcoxon-Rangsummentest herangezogen. Dieser Test vergleicht die Mediane zweier Gruppen miteinander. Im Folgenden werden die p-Werte mit einem Signifikanzniveau von 5% verglichen.

3.3.2.1 Vergleich Plex. Ax. vs. USG Plex. Ax

Im Wilcoxon-Rangsummen-Test ergibt sich für die Einleitungszeit ein p-Wert von 0,0354, obwohl die Mediane mit 20 Minuten in beiden Verfahren gleich sind. Dieser Test fällt zum 5%-Niveau signifikant aus. Es kann also vermutet werden, dass die Einleitungszeit für die Blockaden mit Ultraschall deutlich kürzer ist als die Einleitungszeit beim konventionellen Plex. Ax..Das trifft auch für die Gesamtzeit zu mit einem p-Wert< 0.0001 (Tab. 7).

Tab. 7: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ und Gesamtzeiten= GZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator versus USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter: n =Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung.

EZ/ GZ	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
EZ Plex. Ax.	810	0	15	20	25	165	22	13
EZ USG Plex. Ax.	504	2	15	20	25	68	20	9
GZ Plex. Ax.	810	15	40	50	62	210	55	22
GZ USG Plex. Ax.	504	5	36	44	51	105	45	13

3.3.2.2 Vergleich der Einleitungszeiten aller USG Verfahren vs. alle NUSG Verfahren

Im Wilcoxon-Rangsummen-Test ergibt sich ein p-Wert von 0,05. Dieser Test fällt zum 5%-Niveau signifikant aus. Es kann also vermutet werden, dass die EZ für die Blockaden mit US deutlich kürzer ist als ohne US. Das trifft auch für die GZ zu mit einem p <0,05 und einer Differenz von 7 Minuten im Median zu Gunsten der Ultraschall gesteuerten Verfahren (Tab.8).

Tab. 8: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ und Gesamtzeiten= GZ aller Ultraschall gesteuerten Plexusverfahren (Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator) versus alle nicht Ultraschall gesteuerten Plexusverfahren (Plexus axillaris mit Nervenstimulator und vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator) in Minuten, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter: n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung.

EZ/ GZ	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
EZ ohne US	1006	0	15	**20**	30	165	22	13
EZ mit US	3850	0	13	**15**	20	68	18	8
GZ ohne US	1006	15	40	**50**	61	210	55	22
GZ mit US	3850	0	35	**43**	51	185	45	15

3.3.2.3 Vergleich der Einleitungszeiten VIP versus USG IP

Im Wilcoxon-Rangsummen-Test ergibt sich ein p-Wert <0,0001. Dieser Test fällt zum 5%-Niveau signifikant aus. Es kann also vermutet werden, dass die Einleitungszeit für die Blockaden mit Ultraschall deutlich kürzer ist als beim VIP. Das trifft auch für die Gesamtzeit zu mit einem p-Wert <0,0001 (Tab. 9).

Tab. 9: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ und Gesamtzeiten= GZ zwischen VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator versus USG IP = infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall in Minuten, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter : n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung.

EZ/ GZ	n	Spalte1	Q1	Median	Q3	Q4	MW	Stabw
EZ VIP	196	0	15	**20**	30	55	22	11
EZ USG IP	2574	0	14	**15**	20	65	18	8
GZ VIP	196	15	40	**50**	60	140	54	20
GZ USG IP	2574	0	35	**43**	52	185	46	15

3.3.2.3 Vergleich der Einleitungszeiten SCP versus USG IP

Im Wilcoxon-Rangsummen-Test ergibt sich ein p-Wert von 0,29. Hiermit ergeben sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Verfahren bzgl. der Einleitungszeit. Dagegen gibt es bei der Gesamtzeit deutliche Unterschiede zu Gunsten des SCP mit p= 0,04 (Tab. 10).

Tab. 10: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ und Gesamtzeiten= GZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall versus SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter: n =Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung.

EZ/ GZ	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
EZ SCP	772	0	10	**15**	20	65	16	7
EZ USG IP	2574	5	14	**15**	20	60	18	8
GZ SCP	772	0	35	**40**	48	185	43	14
GZ USG IP	2574	20	35	**43**	52	106	46	15

3.3.2.4 Vergleich SCP ohne Nervenstimulator vs. SCP mit Nervenstimulator

Im Wilcoxon-Rangsummen-Test ergibt sich ein p-Wert <0,001. Dieser Test fällt zum 5%-Niveau signifikant aus. Es kann also vermutet werden, dass die Einleitungszeit für die Blockaden ohne Nervenstimulator deutlich kürzer ist. Das trifft auch für die Gesamtzeit zu mit einem p-Wert <0,01 (Tab. 11).

Tab. 11: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ und Gesamtzeiten= GZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: SCP mit NS= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator versus SCP ohne NS= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus ohne Nervenstimulation, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter: n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung.

EZ/ GZ	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
EZ SCP mit NS	377	5	14	**15**	20	60	18	7
EZ SCP ohne NS	395	0	10	**15**	17	50	15	6
GZ SCP mit NS	377	20	35	**42**	50	106	44	13
GZ SCP ohne NS	395	0	34	**40**	47	160	42	15

3.3.3 Einfluss des Ausbildungsstandes

Der Ausbildungsstand des Anästhesisten beeinflusst die Einleitungszeit nicht (Tab. 12).

Tab. 12: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten unterteilt nach dem Ausbildungsstand des Anästhesisten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter: n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung. Der Ausbildungsstand wird unterschieden nach Ass= Assistenzarzt oder Arzt im Praktikum, FA= Facharzt und OA= Ober- oder Chefarzt.

Blockade/ Ausbildung	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
Plex. Ax.								
ASS	546	0	15	**20**	30	165	23	15
FA	98	5	15	**15**	25	85	20	10
OA	166	5	15	**20**	25	55	21	10
USG Plex. Ax.								
ASS	258	2	15	**20**	25	68	21	10
FA	82	5	15	**20**	25	55	20	9
OA	164	5	15	**20**	25	60	20	8
VIP								
AS	116	8	15	**20**	30	55	22	10
FA	36	0	15	**20**	30	45	21	11
OA	44	5	10	**20**	30	55	22	12
USG IP								
ASS	1470	3	14	**15**	20	60	18	8
FA	474	0	13	**16**	22	65	18	8
OA	630	3	13	**15**	21	65	18	8
SCP								
ASS	393	5	10	**15**	20	50	16	7
FA	138	0	13	**15**	20	55	17	7
OA	241	5	10	**15**	20	60	15	7

3.3.4 Einfluss des Patientengewichtes

Die Einleitungszeit wird nicht deutlich vom Gewicht des Patienten beeinflusst. Eine leichte Tendenz kann man in der Gruppe der adipösen Patienten (A1- A3) erkennen. Dort sind die Einleitungszeiten vergleichsweise länger (Tab. 13).

Tab. 13: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten unterteilt nach Gewichtsklassen der Patienten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter: n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung. Die Gewichtsklassen sind definiert nach Richtlinien der World Health Organisation, bezogen auf den ermittelten Body Mass Index= BMI der Patienten, in Untergewicht= UG, Normalgewicht= NG, Übergewicht= ÜG, Adipositas Grad 1= A1, Adipositas Grad 2= A2 und Adipositas Grad 3= A3.

Blockade/ BMI	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
Plex. Ax.								
UG	30	6	15	**20**	25	35	20	7
NG	336	0	15	**20**	25	85	21	11
ÜG	301	3	15	**20**	30	165	23	16
A1	106	0	15	**20**	25	90	22	11
A2	23	10	15	**25**	30	85	25	15
A3	0	0	0	**0**	0	0	0	0
USG Plex. Ax.								
UG	21	10	15	**19**	23	30	19	6
NG	196	5	15	**19**	25	68	20	9
ÜG	173	5	15	**20**	25	60	20	9
A1	64	2	15	**20**	25	55	20	9
A2	25	10	16	**24**	30	50	24	10
A3	20	5	15	**19**	25	35	21	8
VIP								
UG	0	0	0	**0**	0	0	0	0
NG	90	5	11	**15**	25	50	20	10
ÜG	73	0	15	**20**	30	55	22	11

A1	14	15	15	**25**	30	40	24	8
A2	0	0	0	**0**	0	0	0	0
A3	0	0	0	**0**	0	0	0	0
USG IP								
UG	88	3	13	**15**	20	50	17	8
NG	1151	4	13	**15**	21	65	18	8
ÜG	933	0	15	**15**	20	62	18	8
A1	304	5	15	**18**	23	65	19	9
A2	65	7	15	**20**	25	50	20	9
A3	24	5	15	**20**	25	30	19	6
SCP								
UG	30	10	10	**15**	20	30	15	5
NG	323	0	10	**15**	20	55	16	7
ÜG	283	5	10	**15**	20	48	16	7
A1	101	5	10	**15**	20	50	16	7
A2	22	7	12	**20**	20	60	19	12
A3	0	0	0	**0**	0	0	0	0

3.3.5 Einfluss des Geschlechtes auf die Einleitungszeiten

Das Geschlecht hat keinen Einfluss auf die Einleitungszeit (Tab. 14).

Tab. 14: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten unterteilt nach Geschlecht. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Der jeweiligen Blockade sind m für männlich oder w für weiblich begefügt. Statistische Parameter: n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung.

Blockade/ Geschlecht	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
Plex. Ax. m	517	0	15	**20**	30	165	23	14
Plex. Ax. m	293	3	15	**20**	25	85	21	11
USG Plex. Ax. m	320	2	15	**20**	25	68	20	9
USG Plex. Ax. w	184	5	14	**20**	25	60	20	9
VIP m	115	0	15	**20**	30	50	21	10
VIP w	81	5	15	**20**	30	55	23	11
USG IP m	1597	0	14	**15**	22	65	19	8
USG IP w	977	3	13	**15**	20	65	18	7
SCP m	467	5	10	**15**	20	60	17	7
SCP w	305	0	10	**15**	20	50	16	6

3.3.6 Einfluss des Patientenalters auf die Einleitungszeiten

Hinsichtlich des Alters lassen sich keine klaren Zusammenhänge erkennen, welche die Einleitungszeit deutlich beeinflussen (Tab. 15).

Tab. 15: Darstellung der Einleitungszeiten= EZ verschiedener Plexusverfahren in Minuten unterteilt nach Altersklassen der Patienten. Folgende Blockaden sind aufgeführt: Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010. Statistische Parameter: n= Anzahl, Min= Minimum, Q1= 25%-Perzentile, Median= 50%-Perzentile, Q3= 75%-Perzentile, Max= Maximum, MW= Mittelwert, Stabw= Standardabweichung. Die Altersklassen= AK sind festgelegt und definiert in AK 1= 0-15Jahre, AK 2= 16-59Jahre, AK 3= 60-75Jahre und AK 4= >75Jahre.

Blockade/AK	n	Min	Q1	Median	Q3	Max	MW	Stabw
Plex. Ax.								
AK 1	13	6	18	**25**	33	40	25	10
AK 2	552	0	15	**20**	25	90	22	11
AK 3	171	0	15	**20**	27	165	23	18
AK 4	74	5	15	**20**	30	85	22	13
USG Plex. Ax.								
AK 1	12	10	10	**17**	20	30	17	7
AK 2	358	2	15	**20**	25	68	20	9
AK 3	105	5	15	**20**	25	50	21	9
AK 4	29	7	11	**20**	27	55	22	12
VIP								
AK 1	0	0	0	**0**	0	0	0	0
AK 2	136	0	15	**20**	30	55	22	11
AK 3	37	5	13	**25**	30	55	24	11
AK 4	22	0	12	**20**	25	45	21	11
USG IP								
AK 1	21	5	10	**15**	19	25	15	5
AK 2	1825	3	13	**15**	20	65	18	8
AK 3	565	0	15	**16**	22	62	18	8
AK 4	165	5	15	**20**	25	65	20	9
SCP								

AK 1	0	0	0	**0**	0	0	0	0
AK 2	532	5	10	**15**	20	55	16	7
AK 3	168	0	10	**15**	20	60	16	8
AK 4	65	5	10	**15**	20	40	17	7

3.4 Ökonomische Betrachtung

In Tab.16 zeigt sich, dass die gesamten Ultraschall gesteuerten Verfahren mit nur 43 Minuten und 87% Erfolg deutlich den gesamten nicht Ultraschall gesteuerten Verfahren mit 50 Minuten und nur 62% Erfolg überlegen sind und dass eine durchschnittliche Ersparnis von 101 Euro pro Blockade vorliegt.

Im Vergleich der verschiedenen Verfahren ist zu sehen, dass auch noch deutliche Unterschiede zwischen dem konventionellen und dem Ultraschall gesteuerten Plex. Ax. und zwischen dem VIP und dem USG IP bestehen. Bei beiden Vergleichen führt die Anwendung des Ultraschalls zu einer kürzeren Gesamtzeit mit der Differenz von 6-7 Minuten. Insgesamt ergibt sich eine Ersparnis von 86-101 Euro bei deutlich höheren Erfolgsraten.

Der Unterschied der beiden USG Verfahren SCP und IP fällt mit 3 Minuten geringer zu Gunsten des SCP aus. Pro Block lassen sich beim SCP 41 Euro einsparen. Die Verwendung des Nervenstimulators beim SCP verlängert die Gesamtzeit um nur 2 Minuten und ist mit durchschnittlichen Mehrkosten von 26 Euro verbunden. Allerdings erhöht der Nervenstimulator auch die Erfolgsrate.

Tab. 16: Vergleich verschiedener Verfahren bezüglich ihrer Erfolgsrate= prozentuale Angabe der kompletten Blockade, der Gesamtzeit im Median in Minuten und der resultierenden Ersparnis pro Blockade in Euro bei 15 Euro pro Operationsminute, abzüglich 4 Euro für Equipment. USG Verfahren= Ultraschall gesteuerte Verfahren, NUSG Verfahren= nicht Ultraschall gesteuerte Verfahren, Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator, durchgeführt an der Universitätsklinik Ulm im Zeitraum zwischen 1.01.2004 und 30.09.2010.

Blockaden	Erfolgsrate	Gesamtzeit	Ersparnis (abzüglich 4 Euro)
USG Verfahren	87%	43 min	101 Euro
NUSG Verfahren	62%	50 min	
USG Plex. Ax.	86%	44 min	86 Euro
Plex. Ax.	61%	50 min	
USG IP	86%	43 min	101 Euro
VIP	65%	50 min	
SCP	92%	40 min	41 Euro
USG IP	86%	43 min	
SCP + NS	95%	42 min	26 Euro
SCP ohne NS	90%	40 min	

4 Diskussion

4.1 Nachteile der retrospektiven Untersuchung

In dieser Studie wurden retrospektive Daten erhoben und untersucht. Daher weist die Untersuchung Lücken in der Strukturgleichheit der Daten auf, weshalb auch die statistische Aussagekraft geschmälert ist und maximal von Tendenzen die Rede sein darf. Dennoch sind die Ergebnisse richtungsweisend und sollten Anregungen geben zur Erstellung einer Datenbank für zukünftige prospektive Studien.

Im Vergleich zu einer prospektiven Studie, die unterschiedliche Verfahren zur Blockade des Plexus brachialis untersucht, fehlen einige wichtige Qualitätsmerkmale, die die Aussagekraft der Ergebnisse erhöhen würden. In unserer Untersuchung wurden nach Durchführung der Blockade keine standardisierten neurologischen Untersuchungen zur Testung in einem vorgegebenen Zeitrahmen durchgeführt. Entsprechend konnte für die jeweilige Blockade nicht eruiert werden, welche Bereiche des Plexus durch die Blockade genau ausgeschaltet wurden oder zu welchem Zeitpunkt die Blockade vollständig war. In einer prospektiven Studie würde eine neurologische Untersuchung durch einen geblindeten Untersucher im Abstand von 5 Minuten im Vergleich zur Gegenseite hierüber aussagekräftige Daten liefern. Für eine ausführliche Untersuchung wird von Geiser et al. das folgende Vorgehen vorgeschlagen [35]. Die Prüfung der sensorischen Blockade könnte mit Hilfe der Spitz-Stumpf-Diskrimination der Ariae propriae der Nn. musculocutaneus, radialis, medianus, und ulnaris erfolgen. Eine Bewertung der sensorischen Ausschaltung könnte folgendermaßen aussehen (Tab. 18):

0= Sensibilität voll erhalten, 1= Analgesie: spitz/ stumpf kann nicht mehr unterschieden werden, Berührung wird jedoch noch verspürt und 2= Anästhesie: komplette Gefühllosigkeit. Als Maximalwert würde sich hierbei 8 für die komplette Anästhesie ergeben.

Zur Prüfung der motorischen Blockade wäre eine Krafttestung der entsprechenden Kennmuskeln sinnvoll (Tab. 19). Dies entspricht der Beugung im Ellenbogengelenk für den N. musculocutaneus, das Strecken der Finger für den N. radialis, dem Faustschluss für den N. medianus und das Spreizen der Finger für den N. ulnaris. Hierbei würde unterteilt nach 0= Kraft voll erhalten, normale Muskelfunktion, 1= Bewegung möglich und

2= keine Bewegung möglich. Hier wäre 8 der Maximalwert, wenn keine Bewegung mehr möglich wäre.

Zudem sollte ein fixer Untersuchungszeitraum von 30 Minuten nach Blockanlage für diese Testung eingeplant sein [101] und die zu vergleichenden Verfahren den Patienten randomisiert zugeteilt werden.

In unserer Studie wurden keine Daten zur Patientenzufriedenheit erhoben. In einer prospektiven Untersuchung sollte auch dies berücksichtigt werden. Grundsätzlich wären hierfür eine Schmerz-Skala für die Injektion, die Anzahl der Punktionsversuche und eine subjektive Befindlichkeits-Skala zu erheben. Zudem wäre die Fragestellung interessant, ob sich der Patient bei einer entsprechenden Auswahlmöglichkeit wieder einem Regionalverfahren unterziehen würde.

In dieser Untersuchung wurden die Blockaden von allen ärztlichen Mitarbeitern durchgeführt. Hierbei ist natürlich zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Erfahrungen und Kenntnisse für diese Techniken vorlagen. Zur Ausschaltung dieses Einflussfaktors wäre es erforderlich, dass die Blockaden von Ärzten mit gleichem oder zumindest ähnlichem fachlichen Können durchgeführt werden.

In der vorliegenden Studie fand keine peri- oder postoperative Erhebung von Komplikationen und Nebenwirkungen der Nervenblockaden statt. Grundsätzlich trifft dies insbesondere auf die Befragung nach Nervenschädigungen oder Beobachtungen von Lokalanästhetikum-Intoxikationen und Gefäßpunktionen zu. Dies beinhaltet nach der Blockade auftretende anhaltende sensible oder motorische Ausfälle, nach Ausschluss operativer Ursachen, zumal periphere Neuropathien in 3% aller Fälle auftreten können [14]. Die Dauer der Nervenschädigung sollte auch verfolgt werden.

Für den SCP sollten als evtl. auftretende Nebenwirkungen im Aufwachraum der Pneumothorax, Phrenikusparesen, die respiratorische Insuffizienz, definiert als Raumluftsättigung <90%, Schluckstörungen und ein Horner-Syndrom dokumentiert werden. Als typische Komplikationen für den IP gelten Gefäßpunktionen, der Pneumothorax und die respiratorische Insuffizienz.

4.2 Blockade mit oder ohne Ultraschall?

Ultraschall gesteuerte Verfahren unterscheiden sich grundsätzlich von nicht Ultraschall gesteuerten Blockaden. Bei der NUSG Blockade wird die Einstichstelle nach externen

Orientierungspunkten ausgewählt. Es wird vorausgesetzt, dass die Nervenstimulation die optimale Lokalisation für die Nadelspitze in der Nähe des Nerven anzeigt.

Hingegen wird bei den USG Verfahren ein Einblick in die individuelle Anatomie gewährt, die Nadel kann unter Sicht an den Nerven herangeführt werden und darüber hinaus kann noch die Verteilung des Lokalanästhetikums beurteilt werden [38,72]. Hieraus ergeben sich potentielle Vorteile für USG Blockaden, die allerdings auch klinisch für die einzelnen Verfahren belegt werden müssen, denn die Anschaffung eines Ultraschallgerätes ist teuer und die zusätzliche Ausbildung mit weiteren Kosten verbunden.

In der vorliegenden Untersuchung zeigten sich bezüglich der Erfolgsrate deutliche Vorteile für die USG Verfahren. Im Vergleich zu den hier verwendeten NUSG Verfahren mit einer Erfolgsrate von 62%, erreichten die USG Verfahren 87%. Dieses deutliche Ergebnis wird von Klaastad et al. [51] in einer Übersichtsarbeit bestätigt. In mehreren Arbeiten konnten die USG Verfahren höhere Erfolgsraten erreichen als die NUSG Verfahren [18,68,73,96]. Allerdings waren die Fallzahlen der jeweiligen Studien unzureichend, um zu beweisen, dass durch den Ultraschall-Einsatz Risiken wie z.B. Nervenschäden oder der Pneumothorax reduziert werden können.

Ähnlich wie beim Gesamtvergleich sieht es zwischen USG Plex. Ax. und dem konventionellen Plex. Ax. aus: 86% vs. 61%. Hierbei fällt die vergleichsweise geringe Erfolgsrate des Plex. Ax. insbesondere bei Radiusfrakturen und Handgelenksspiegelungen auf. Offensichtlich ist es für einige Operationsarten unzureichend nur eine Stimulationsantwort des N. medianus anzustreben und dann eine große Menge an Lokalanästhetikum zu injizieren. Wie Cornish et al. in anatomischen Untersuchungen zeigen konnten, befinden sich innerhalb der Gefäß- und Nervenscheide bindegewebige Septen, welche die vier verschiedenen Nerven separieren können und somit wohl eine umfassende Verteilung des Lokalanästhetikums in diesem Bereich verhindern [23,24,25]. Auch in einer MRT-Studie von Klaastad et al. an 13 Patienten zeigte sich eine unzureichende Verteilung des Lokalanästhetikums um die A. axillaris bei 8 Patienten [53]. Klinisch waren diese Blockaden ebenfalls unvollständig. Dies würde erklären, warum dieser Block bei Operationen am Karpaltunnel und an der Hohlhand erfolgreicher ist als bei Radiusfrakturen und Handgelenksspiegelungen, wo die Blockade des N. radialis und N. musculocutaneus essentiell sind.

Bei dem hier untersuchten Ultraschall gesteuerten Verfahren wurde mit einem Multiinjektionsverfahren jeder der 4 peripheren Nerven in der Axilla betäubt. In Anbetracht der anatomische Septierungen zwischen den Nerven erscheint dieses Vorgehen für eine hohe Erfolgsrate sehr wichtig zu sein. Unabhängig von der Verwendung des Ultraschalls

konnten in prospektiven Untersuchungen durch die Verwendung der Multiinjektion deutlich höhere Erfolgsrate für axilläre Blockaden erzielt werden als bei singulären Injektionstechniken [54,88].

So konnten auch Casati et al. einen vergleichbaren Blockadeerfolg zwischen USG und rein Nervenstimulator gesteuerten axillären Blockaden finden, wenn alle vier Nerven per Nervenstimulator aufgesucht wurden [16]. Bei jeweils 30 Patienten waren alle Blockaden klinisch erfolgreich. In der NS-Gruppe gab es lediglich eine größere Anzahl von Punktionsversuchen und die Anschlagszeit dauerte ein wenig länger. Auch Morros et al. [75] erzielten in einer randomisierten Studie bei 129 Patienten für Multiinjektionverfahren vergleichbare Erfolgsraten mit oder ohne Ultraschall [75]. In der US-Gruppe wurden 98,5% erreicht, in der NS-Gruppe 94%. Allerdings war die Einleitungszeit in der US-Gruppe mit im Mittel 259 Sekunden deutlich kürzer als in der NS-Gruppe mit 350 Sekunden und 10 und 20 Minuten nach der Punktion war die Qualität der sensorischen und motorischen Blockade deutlich besser. Zudem gab es in der US-Gruppe mit 8% weniger Gefäßpunktionen als in der NS-Gruppe mit 28%.

Hierzu im Widerspruch steht eine Studie von Chan et al., der die Überlegenheit des Ultraschall gesteuerten Verfahren beim Plex. Ax. im Vergleich zum konventionellen Plex. Ax. mit Multiinjektionstechnik zeigen konnte [18]. 188 Patienten wurden prospektiv, randomisiert und einfach blind untersucht. Bei 64 Patienten wurden die N. ulnaris, N. medianus und N. radialis nur mit Ultraschall aufgesucht, bei 62 mit Ultraschall und Nervenstimulator und bei 62 nur mit Nervenstimulator. Eine erfolgreiche chirurgische Analgesie ohne Supplementiereung zeigte sich bei 95% in der Ultraschall-Gruppe und 86% in der Nervenstimulator-Gruppe. Alle Nerven konnten mittels Ultraschall besser ausgeschaltet werden: N. medianus 94% vs. 82%, N. ulnaris 97% vs. 83%, N. radialis 86% vs. 69%. Allerdings zeigte sich hierbei, dass insbesondere der N. radialis auch beim USG Plex. Ax. der Problemnerv sein kann. Von anderen Autoren wurden diese Studie allerdings kritisiert, da als Resultat für die Nervenstimulation des N. radialis eine Kontraktion des M. triceps akzeptiert wurde und nicht eine periphere Reizantwort [1,66].

Auch in einer retrospektiven Studie bei 662 Patienten konnte die Überlegenheit des USG Plex. Ax. gezeigt werden [63]. Die Ultraschall gesteuerten Blockaden hatten mit 91,6% vs. 81,9% in der Nervenstimulator-Gruppe mit singulärer Injektion ebenfalls eine deutlich höhere Erfolgsrate. Ein ähnliches Ergebnis ergab sich in der retrospektiven Studie von Schwemmer et al. bei 130 Patienten mit einer Erfolgsrate von 98,2% in der US-Gruppe und 83,1% in der NS-Gruppe mit Multiinjektionstechnik [95].

Zusammengefasst bestätigen unsere Ergebnisse, dass ein USG Plex. Ax. mit einer Multiinjektion dem Nervenstimulator gesteuerten Ansatz mit singulärer Injektion deutlich überlegen ist. Eventuell kann die einfache Methode mit Nervenstimulator noch in Praxen eingesetzt werden, wo nur Karpaltunnelsyndrome und Aponeurektomien operiert werden. Für das Spektrum eines Universitätsklinikums ist die Methode allerdings völlig unzuverlässig. In zukünftigen Studien wäre ein Vergleich zwischen der Ultraschall gesteuerten und der Nervenstimulator gesteuerten Multiinjektionsmethode mit größeren Fallzahlen und unterschiedlicher Erfahrung der durchführenden Anästhesisten wünschenswert, um die Vorteile des Ultraschalls noch eindeutiger belegen zu können.

Aktuelle Studien belegen weitere Vorteile für das Ultraschall gesteuerte Vorgehen im Vergleich zur Nervenstimulation bezüglich des Patientenkomforts und der Ausbildung von Anfängern. Bloc et al. konnten zeigen, dass Ultraschall gesteuerte Verfahren für den Patienten deutlich weniger schmerzhaft sind als die Verfahren mit Nervenstimulator [10]. Luyet et al. fanden bei Anfängern eine wesentlich steilere Lernkurve für die Ultraschall gesteuerten Verfahren beim axillären Plexus [64].

Auch im infraklavikulären Bereich ergibt sich in der vorliegenden Untersuchung bei dem Ultraschall gesteuerten Verfahren mit 86% im Vergleich zum VIP mit 65% eine deutlich höhere Erfolgsrate.

Die geringe Erfolgsrate beim VIP im Vergleich zu anderen Studien von Kilka et al. und Neuburger et al. [50,79] ist auch dadurch zu erklären, dass zum Zeitpunkt der Durchführung innerhalb der Abteilung keine großen Erfahrungswerte für diese Blockadetechnik vorlagen. Zusätzlich konnte inzwischen gezeigt werden, dass der sogenannte VIP-Punkt nicht immer an der ausgemessenen Position ist, da die individuelle Anatomie stark variieren kann [37]. Auch eine MRT-Untersuchung konnte dies bestätigen [52]. Zudem ist die „blinde“ Punktion in diesem Bereich mit einer gewissen Unsicherheit verbunden, da die Pleura und große Gefäße verletzt werden können. Eine Pneumothoraxrate von 0,5% ist beschrieben [80].

Hingegen kann durch den Ultraschall bei jedem einzelnen Patienten die optimale Position für eine erfolgreiche Blockade gefunden werden. Die Visualisierung aller wichtigen Strukturen vermittelt eine zusätzliche gefühlte Sicherheit. Der USG IP wird weiter lateral am Schlüsselbein gestochen als der VIP und hierdurch ergibt sich eine geringere Gefahr von Pleuraverletzungen [8]. Allerdings kann auch hier bei fehlerhafter Anwendung der „In-Plane-Technik“ eine Lungenpunktion vorkommen [57]. In unserem Untersuchungskollektiv passierte dies bei zwei von 2210 Fällen, entsprechend einer prozentualen Rate von 0,1%.

Für das Ultraschall gesteuerte Verfahren spricht zudem, dass die Verteilung des Lokalanästhetikums visualisiert werden kann. Hierdurch sind nachträgliche Korrekturen der Nadelposition möglich, während beim VIP die Nadelposition fixiert ist.

Bisher wurde die VIP-Technik nur in einer Studie mit dem USG IP verglichen. Dhir et al. untersuchten 45 Patienten bei denen randomisiert infraklavikuläre Kathetertechniken für handchirurgische Operationen durchgeführt wurden [30]. In einer Gruppe wurde der Katheter mit der VIP-Technik angelegt (n= 22) und in der anderen Gruppe Ultraschall gesteuert (n= 23). Die VIP-Technik konnte hierbei lediglich eine Erfolgsrate von 59% erzielen. Die Erfolgsrate bei der Ultraschall gesteuerten Technik betrug 95%.

Allerdings gibt es Studien, in welchen die Erfolgsraten zwischen einem USG IP und einem lateralen saggitalen infraklavikulären Nervenstimulator gesteuerten Block vergleichbar waren.
Brull et al. untersuchten prospektiv und randomisiert die Erfolgsrate bei 103 handchirurgischen Patienten. In der Ultraschall-Gruppe wurde eine Erfolgsrate von 92% im Vergleich zu 80% in der Nervenstimulator-Gruppe erzielt [12]. Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant. Dafür war die Einleitungszeit mit 5 Minuten in der US-Gruppe deutlich kürzer als in der NS-Gruppe mit 10,5 Minuten. Im Unterschied zu unserer Studie wurden per Nervenstimulator zwei Faszikel aufgesucht und hierdurch wahrscheinlich eine bessere Verteilung des Lokalanästhetikums erreicht. Gurkan et al. untersuchten prospektiv und randomisiert bei 80 Patienten, ob die Verwendung des Ultraschalls Vorteile gegenüber der NS-Technik beim lateralen sagittalen infraklavikulären Block bringt [39]. 95% der Ultraschall gesteuerten Blockaden waren dabei erfolgreich und 92,5% in der Nervenstimulator-Gruppe. Auch hier ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der Erfolgsrate. Diese Blockade wurden ausschließlich von erfahrenen Untersuchern durchgeführt.
Bemerkenswert ist die hohe Erfolgsrate von 99,3% in Kombination mit einer Einleitungszeit von nur 4 Minuten, die von Sandhu et al. 2006 bei 1146 Patienten mit dem USG IP erreicht werden konnte [90]. Hingegen konnte in unserer Untersuchung eine Erfolgsrate von nur 86% bei einer Einleitungszeit von 15 Minuten erzielt werden. Dieser Unterschied ist sicherlich auch dadurch zu erklären, dass in den USA sogenannte „Holding-Areas“ für die Anlage von Nervenblockaden zur Verfügung stehen [4]. Diese können eine optimale Ausbildungs- und eine bessere Überwachungsqualität ermöglichen.

Die von uns gefundene Erfolgsrate des SCP mit 92 % entspricht den hohen Erfolgsraten, die in einer prospektiven Untersuchung von Chan et al. bei 40 Patienten ermittelt wurde und den Daten der retrospektiven Studie an 510 Patienten von Perlas et al. [19,85]. In

beiden Fällen wurde eine ER von 95% erreicht. De Tran et al. erreichten in einer Vergleichsuntersuchung bei 40 Patienten ebenfalls eine Erfolgsrate von 95% [101].

Hingegen konnten Koscielnak-Nielsen et al. in einer prospektiven, randomisierten Vergleichsstudie zwischen dem USG IP und dem SCP lediglich eine Erfolgsrate von 78% bei 60 Patienten erreichen [56]. Die geringe Erfolgsrate begründet der Autor damit, dass die durchführenden Anästhesisten zum Untersuchungszeitpunkt nur über eine geringe Erfahrung mit dem SCP verfügten. Allerdings kann dies auch auf eine fehlerhafte Technik zurückzuführen sein. Andere Autoren betonen die Notwendigkeit einer Injektion in den Winkel zwischen der ersten Rippe und der A. subclavia, der sogenannten „Corner Pocket" [65,74,100]. Hier befindet sich im Allgemeinen der Truncus inferior, aus dem der N. ulnaris hervorgeht. Zudem ist es beim SCP notwendig, das Lokalanästhetikum nicht einfach nur um den Plexus herum zu verteilen, sondern zunächst eine bindegewebige Hülle zu durchstechen und dann das Lokalanästhetikum möglichst gleichmäßig um die Nerven zu verteilen [9]. Auch hier ist auf Septierungen und Gefäße zu achten, welche die Ausbreitung des Lokalanästhetikums behindern können.

Nur in einer einzigen Studie wurde die Erfolgsrate des SCP mit Nervenstimulator mit dem Ultraschall gesteuerten SCP verglichen. Williams et al. untersuchten hierfür prospektiv und randomisiert jeweils 40 Patienten [104]. In der US-Gruppe ergab sich eine Erfolgsrate von 85%, in der NS-Gruppe lag diese bei 78%. 8% der Patienten in der NS-Gruppe benötigten eine Vollnarkose. In den neurologischen Testungen fiel auf, dass der N. ulnaris in der NS-Gruppe in 15% der Fälle überhaupt nicht blockiert war. Für die Einleitungszeit ergaben sich signifikante Unterschiede: 5 Minuten für die US-Gruppe und 9,8 Minuten für die NS-Gruppe. Pneumothoraces traten in keiner der beiden Gruppen auf. Wahrscheinlich verursachte die fehlende Visualisierung der Verteilung des Lokalanästhetikums in der NS-Gruppe die niedrigere Erfolgsrate. Allerdings kann natürlich bei der kleinen Fallzahl von 80 Patienten kein suffizienter Vergleich eines Pneumothoraxrisikos angestellt werden.

Ähnlich wie beim USG IP erhöht die Verwendung des Ultraschalls beim supraklavikulären Block die gefühlte Sicherheit, da die Pleura und die A. subclavia visualisiert werden können und die erste Rippe bei korrekter Anwendung der „In-plane-Technik" als „Prellbock" für akzidentielle Lungenpunktionen fungieren kann. Allerdings kann das Risiko hierfür nicht ganz ausgeschlossen werden, insbesondere wenn sich die Nadeln im Ultraschall-Bild nicht gut visualisieren lassen oder bei inkorrekter Anwendung der „In-plane-Technik". In unserer Untersuchung ergab sich ein Pneumothorax bei 772 SCP Anlagen. Zwischenzeitlich trat bei insgesamt 1100 SCP ein weiterer Fall auf, so dass die Pneumothoraxrate mittlerweile bei 0,2% liegt. Andere Untersucher konnten sogar eine

Inzidenz von nur 1:2000 feststellen [7]. Die Pneumothoraxrate beim konventionellen SCP wird mit 1- 6% angegeben [60]. Die Gefäßpunktionsrate ist sogar noch höher.

Eventuell kann das Pneumothoraxrisiko durch die inzwischen im Ultraschall besser sichtbaren Nadeln, eine automatische Nadelerkennungs-Software im Ultraschallgerät oder „Needle-Guides“ für die „In-plane-Technik“ noch weiter reduziert werden. Bei der Ausbildung sollte darauf geachtet werden, dass die Pleura, die erste Rippe, die A. subclavia und der Plexus im Ultraschall-Bild gut sichtbar sind [32]. Ist dies nicht möglich, sollte primär ein erfahrener Anästhesist konsultiert werden. Falls dann immer noch Unklarheiten bestehen, sollte einem anderen Verfahren zur Blockade des Plexus brachialis der Vorzug gegeben werden.

4.3 Vergleich zwischen den verschiedenen Ultraschall gesteuerten Verfahren

Mittels Ultraschall ist es möglich die Nerven des Plexus brachialis an verschiedenen Stellen in seinem Verlauf zu visualisieren und zu blockieren [76,84]. Hieraus ergibt sich natürlich die Frage, welcher Block auf Grund seiner Erfolgsrate bevorzugt verwendet werden sollte. In unserer Studie wurden die Erfolgsraten der verschiedenen Ultraschall gesteuerten Verfahren miteinander verglichen. Am höchsten lag die Erfolgsrate mit 92% beim SCP. Der USG IP und der USG Plex. Ax. erzielten 86%. Die hohe Erfolgsrate des SCP ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass die Nerven in diesem Bereich nach dem „Sanduhrprinzip“ eng aneinander liegen und der vollständige Plexus mittels Ultraschall gut darstellbar ist. Hingegen liegen die Faszikel beim infraklavikulären Block weiter voneinander entfernt und zudem gibt es eine erhebliche anatomische Variabilität, die dazu führen kann, dass nach einer einmaligen Injektion einzelne Faszikel evtl. nicht vom Lokalanästhetikum erfasst werden [93]. Darüber hinaus lassen sich der mediale und posteriore Faszikel im Ultraschall-Bild oft nicht darstellen, weil sie in der dorsalen Schallverstärkung der A. axillaris liegen [97].

Im Gegensatz zu den anderen Techniken, werden in der Axilla vier periphere Nerven einzeln blockiert und damit stellt diese Methode keine eigentliche Plexusblockade dar. Während die Nn. medianus, ulnaris und musculocutaneus einfach zu finden und zu blockieren sind, ist der N. radialis auch hier ein Problemnerv [18,97,105]. Dieser Nerv liegt zumeist unterhalb der dorsalen Schallverstärkung der A. axillaris oder unterhalb des Schallschattens des N. ulnaris.

In verschieden Studien wurden Ultraschall gesteuerte Verfahren miteinander verglichen. Koscielniak-Nielsen et al. untersuchten 2009 randomisiert an 120 Patienten die chirurgische Erfolgsrate beim USG IP und SCP [56]. Als Erfolg definierte er, dass 5 von 7 Nerven des Plexus brachialis in einem Beobachtungszeitraum von 30 Minuten betäubt waren. In seiner Untersuchung hatte der US IP mit 93% eine deutlich höhere Erfolgsrate als der SCP mit 78%.insbesondere der N. ulnaris und N. medianus waren in dieser Untersuchung beim SCP nicht ausgeschaltet. Der Autor führte dies darauf zurück, dass eine geringe Erfahrungsquote für den SCP vorlag.

Arcand et al. untersuchten in einer prospektiven Studie an 80 Patienten die chirurgische Erfolgsrate des Ultraschall gesteuerten SCP und IP [3]. Hierbei schnitt der SCP mit einer Erfolgsrate von 87% besser ab, als der USG IP mit 80%. Allerdings war dieser Unterschied nicht signifikant. Die geringere Erfolgsrate erklärt sich dadurch, dass als Zielvorgabe für den infraklavikulären Block die hufeisenförmige Verteilung des Lokalanästhetikums unterhalb der A. axillaris nicht festgelegt wurde.

De Jose et al. verglichen prospektiv und randomisiert den SCP und USG IP bei jeweils 40 Kindern zwischen 5 und 15 Jahren [27]. Während der SCP in 95% der Fälle für eine chirurgische Toleranz sorgte, war der USG IP in 88% erfolgreich. Auch dieser Unterschied war nicht signifikant. Hingegen war die Einleitungszeit beim SCP mit 9 Minuten deutlich kürzer als beim USG IP mit 13 Minuten.

Tran et al. untersuchten 120 Patienten, die randomisiert Ultraschall gesteuert axillär, infraklavikulär oder supraklavikulär blockiert wurden [101]. Die Erfahrung der durchführenden Anästhesisten war vergleichbar. Zur Beurteilung des Blockadeerfolgs wurden sensible und motorische Qualitäten der vier Nerven alle 5 min in einem Zeitraum von 30 min von einem geblindeten Untersucher beobachtet. Die Erfolgsrate dieser Blockaden war mit 95% beim SCP vs. 95% beim IP vs. 97,5% beim Plex. Ax. vergleichbar. Die Anzahl der Punktionsversuche waren beim Plex. Ax. mit 6 vs. 2 deutlich erhöht. In jeder Gruppe wurde einmal vaskulär punktiert. Die Schmerz-Skala war mit 2 von einer Skala von 0-10 (10 am höchsten) vergleichbar. In der SCP-Gruppe kam es bei 37,5% der Patienten zum Horner-Syndrom, in der IP-Gruppe lediglich bei 5%.

Im Vergleich zu unserer retrospektiven Untersuchung mit hohen Fallzahlen und deutlichen Unterschieden der Erfolgsrate für den SCP im Vergleich zum USG IP und USG Plex. Ax. konnte dies in den prospektiven Studien mit geringen Fallzahlen bisher allenfalls tendenziell gezeigt werden. Mit Ausnahme der Studie von Koscielniak-Nielsen et al. [56], in der die Untersucher eine zu geringe Erfahrung für den SCP hatten und wahrscheinlich noch eine unzureichende Technik verwendeten, wurden die Blockaden in diesen Studien

nur von sehr erfahrenen, mit allen Techniken versierten Experten durchgeführt. Um die Überlegenheit eines einzelnen Verfahrens prospektiv zu belegen sind wahrscheinlich ähnlich hohe Fallzahlen erforderlich, wie wir sie in unserer Studie verwendet haben.

Wie der Abb. 10 zu entnehmen ist, wurde der SCP an der Universitätsklinik Ulm zur Standardblockade und löste somit den USG IP ab. Voraussetzung für die hohe Erfolgsrate ist eine gute Ausbildung mit Überwachung von Anfängern, die Bildeinstellung mit der Darstellung der relevanten Sonoanatomie, die richtige Technik mit Injektion in die „Corner-Pocket“ und die gute Visualisierung der Nadel [28,32].

Indikationen für die Ultraschall gesteuerten axillären Blöcke ergeben sich insbesondere bei stark adipösen Patienten, wo die wesentlichen Strukturen für den SCP und IP auf Grund der Eindringtiefe im sonografischen Bild nicht mehr darstellbar sind. Auch bei Patienten mit Herzschrittmachern oder zentralen Venenzugängen und Patienten mit erhöhtem Risiko eines Pneumothorax, wie z.B. Lungenemphysematiker mit Bullae könnte der axilläre Zugang vergleichsweise vorteilhaft sein. Zudem können durch eine axilläre Blockade Phrenikusparesen ausgeschlossen werden und es ergeben sich Vorteile für respiratorisch insuffiziente Patienten. Ein weiterer potentieller Vorteil ergibt sich für antikoagulierte Patienten daraus, dass in der Achselhöhle die A. axillaris sehr gut komprimiert werden kann. Die axilläre Blockade kann, trotz geringerer Erfolgsrate, für ein ambulantes Vorgehen vorteilhaft sein, da kein potentielles Pneumothoraxrisiko besteht.

4.4 Vergleich der supraklavikulären Blockaden mit und ohne Nervenstimulator

Bisher wurde der Nervenstimulator dazu verwendet, die Nadelspitze in die Nähe des Nerven zu positionieren. Neuere Untersuchungen, in denen mit Ultraschall und Nervenstimulator Nerven aufgesucht wurden, haben allerdings gezeigt, dass der Nervenstimulator nicht immer eine adäquate Positionierung der Nadelspitze für die Blockierung des Nerven anzeigt. So konnte z.B. Perlas et al. zeigen, dass es zu keiner Reizantwort kam, obwohl die Nadelspitze im Ultraschall-Bild den Nerv berührte [86]. Auch weitere Studien konnten zeigen, dass es trotz intraneuraler Lage zu keiner Reizantwort des Nerven unter Stimulation kam [87]. Daher stellten wir uns die Frage, ob der Nervenstimulator die Erfolgsrate des SCP in dieser Untersuchung beeinflusst hat. In unserem Beobachtungszeitraum wurde der Nervenstimulator optional in 54% der Fälle zusätzlich zum Ultraschall für den SCP verwendet. Es zeigte sich, dass 90% Blocken

ohne Nervenstimulator erfolgreich waren, im Vergleich zu 95% mit dem Nervenstimulator. Dieser deutliche Unterschied weist darauf hin, dass der Nervenstimulator hier ein Hilfsmittel für eine erfolgreichere Blockade sein kann. Eventuell profitieren insbesondere auch Anfänger von der „doppelten Sicherheit“. Nachteilig an der Verwendung des Nervenstimulators könnte sein, dass es im Bereich des SCP zu 12 verschiedenen Reizantworten kommen kann [44]. Als prognostisch günstig für einen Erfolg zeigte sich eine Reizantwort des Truncus inferior. Eventuell kann der Nervenstimulator auch dazu verwendet werden eine intrafaszikuläre Lage der Nadel zu verhindern [9,77].

4.5 Einfluss des Ausbildungsstandes des Anästhesisten, des Körpergewichtes, Geschlechtes und Alter des Patienten auf die Erfolgsraten und Einleitungszeiten

Für das Erlernen von Ultraschall-Techniken in der Regionalanästhesie ist eine steile Lernkurve beschrieben [99]. Zudem profitieren Anfänger von strukturierten Ausbildungsprogrammen und einer engmaschigen Überwachung [98]. In dieser Studie wurde untersucht, ob der Ausbildungsstand der Ärzte einen Einfluss auf die Erfolgsrate der einzelnen Blockaden aufweist. Die Plexusnarkosen werden an der Universitätsklinik Ulm sowohl von Fachärzten, Oberärzten, als auch von Assistenzärzten durchgeführt. Die Erfolgsraten und Einleitungszeiten aller durchgeführten Verfahren waren zwischen den verschiedenen Ausbildungsstufen der Ärzte vergleichbar. Nur beim USG Plex. Ax. steigt mit zunehmendem Ausbildungsstand des Arztes auch die Erfolgsrate, 81% vs. 88% vs. 93%. Dieser Block stellt vielleicht komplexere Anforderungen an den durchführenden Arzt. Es müssen vier einzelne Nerven separat voneinander betäubt werden und das Auffinden dieser Nerven erfolgt vereinzelt über „Trace-Back-Techniken“. Bezüglich der Fragestellung muss allerdings einschränkend festgestellt werden, dass die Erfahrung mit den Regionalverfahren auch innerhalb der untersuchten Gruppen sehr unterschiedlich sein kann.

Die Erfolgsraten und Einleitungszeiten wurden auch für unterschiedliche Gewichtsklassen ermittelt. Hierzu erfolgte eine Unterteilung anhand des BMI nach der WHO-Einteilung. Es wurde angenommen, dass ein größerer BMI mit einem höheren Körperfettanteil das Aufsuchen der Nerven erschweren könnte, da die Eindringtiefe des linearen Ultraschalls begrenzt ist und nur bis zu 5 cm eine ausreichende Auflösung ermöglicht. Bei adipösen Patienten könnte dies unter Umständen nicht ausreichen, Nerven vom umliegenden Gewebe zu differenzieren [92]. Allerdings zeigen die vorliegenden Ergebnisse keine

deutlichen Einflüsse des Körpergewichts auf die Erfolgsrate der verschiedenen Plexusverfahren. Die Einleitungszeit wird auch nicht deutlich vom Gewicht des Patienten beeinflusst. Eine leichte Tendenz kann man in der Gruppe der adipösen Patienten (A1-A3) erkennen. Dort sind die Einleitungszeiten vergleichsweise länger. Vermutlich beansprucht das Aufsuchen der anatomischen Strukturen hier mehr Zeit.

Auch der Einfluss des Geschlechts auf die Erfolgsrate und die Einleitungszeit wurde untersucht. Es wurde angenommen, dass bei Frauen die Erfolgsrate höher und die Einleitungszeit kürzer ist, da die Nerven einen geringeren Durchmesser besitzen und das Lokalanästhetikum somit besser in die Nerven diffundieren könnte. Es zeigte sich jedoch, dass das Geschlecht keinen Einfluss auf die Erfolgsrate und die Einleitungszeit aller Verfahren hat.

Zusätzlich wurde eine Einteilung nach verschiedenen Altersgruppen vorgenommen, um zu beurteilen, ob auch das Alter einen Einfluss auf die Erfolgsrate und die Einleitungszeit hat. Hierbei wurde angenommen, dass sich mit zunehmendem Alter die anatomischen Verhältnisse verändern und das Aufsuchen und Blockieren der Nerven somit erschwert wird.

Wir konnten allerdings keine Veränderung der Erfolgsrate und der Einleitungszeit in zunehmendem Alter feststellen. Somit eignen sich die untersuchten Regionalanästhesieverfahren insbesondere auch für ältere Patienten, bei denen die Vollnarkose mit einem höheren Risiko behaftet ist.

4.6 Ökonomische Betrachtung

Die Anschaffungskosten eines Ultraschallgeräts liegen zwischen 20.000 und 40.000 Euro. Zudem wird von einigen Anästhesisten propagiert, dass die Verwendung des Ultraschalls für die Regionalanästhesie einen zusätzlichen Zeitaufwand bedeutet und dadurch noch vermehrte Kosten entstehen können [2,26]. Unsere eigenen Ergebnisse können dies deutlich widerlegen. Die Einleitungszeit des SCP und USG IP sind im Schnitt 5 Minuten kürzer als die konventionellen Verfahren. Beim USG Plex. Ax. war die Einleitungszeit zwar länger als bei den anderen USG Verfahren, aber immer noch statistisch kürzer als bei den nicht Ultraschall gesteuerten Verfahren. Wahrscheinlich beansprucht die „blinde“ Suche mehr Zeit, als ein gezieltes, optisch orientiertes Vorgehen mit dem Ultraschall. Der höhere zeitliche Aufwand für den USG Plex. Ax. erklärt sich dadurch, dass vier verschiedene Nerven getrennt aufgesucht und blockiert werden müssen. Unsere

Ergebnisse zeigen ebenfalls, dass im Schnitt bei allen Ultraschall gesteuerten Verfahren früher mit den Operationen begonnen werden konnte, da dort die Gesamtzeit zwischen 40 und 44 Minuten betrug, verglichen mit einer Gesamtzeit von 50 Minuten bei den konventionellen Verfahren. Hierbei könnte die schnellere Anschlagszeit der Ultraschall gesteuerten Verfahren ausschlaggebend sein [55,62].

Mit unserer Datenerhebung bezüglich der Einleitungs- und Gesamtzeiten konnte gezeigt werden, dass die Anwendung des Ultraschalls die Prozessdauer der Regionalanästhesie verkürzt. Darüber hinaus können mit der eingesparten Zeit auch vereinfachte Berechnungen erfolgen, ob sich theoretisch die Anschaffung eines Ultraschallgerätes amortisiert. Hierfür ist die Annahme erforderlich, dass eine OP-Minute ca. 15 Euro kostet und dass die eventuell eingesparte Zeit auch für weitere Operationen genutzt wird.

Für eine einzelne Ultraschall gesteuerte Blockade im Vergleich zur konventionellen Blockade mit Nervenstimulator errechneten wir eine durchschnittliche Ersparnis von 59 Euro. Im Zeitraum der erfassten Daten für diese Studie wurden 3352 Blockaden mit Ultraschall durchgeführt. Wären diese Blockaden ohne Ultraschall ausgeführt worden, hätte dies allein schon unter Berücksichtigung der Prozesszeiten zu Mehrkosten von rund 339.000 Euro geführt. Dieser Betrag würde die Anschaffung von mehreren Ultraschallgeräten beinhalten. Dieses Einsparpotential ergibt sich allerdings nur, wenn die gewonnene Zeit für einen Kapazitätsausweitung bzw. weitere Operationen auch genutzt werden kann.

Im Zusammenhang mit unserer ökonomischen Betrachtung ist auch die Erfolgsrate des einzelnen Verfahrens wesentlich [49,61]. Durch Supplementierung oder Konversion zur Vollnarkose entstehen weitere Kosten. Die OP-Zeit würde sich durch diese Maßnahmen verlängern und zusätzliche Materialkosten kämen hinzu. Insgesamt ist aus ökonomischer Sicht ein Verfahren anzustreben, das möglichst zeiteffizient ist und dabei mit einer hohen Erfolgsrate einhergeht. Aus den Daten unserer Studie ergibt sich, dass der SCP mit einer Gesamtzeit von 40- 42 Minuten und einer Erfolgsrate von 90- 95%, je nach optionalem Einsatz des Nervenstimulators, das effizienteste Verfahren ist. Der USG IP steht mit einer Gesamtzeit von 43 Minuten und einer Erfolgsrate von 86% dicht dahinter.

Auch andere Autoren konnten zeigen, dass sich die Kosten für die Anschaffung von Ultraschallgeräten amortisieren. Zusammen mit der höheren Erfolgsrate und dadurch weiter eingesparten Mehrkosten und der gewonnenen Sicherheit durch Visualisierung, spricht sehr viel für den konsequenten Einsatz des Ultraschalls in der Regionalanästhesie [49,61,91].

4.7 Anregungen für eine Datenbank zur Qualitätskontrolle und für die Dokumentation zukünftiger prospektiver Studien

Zur Qualitätskontrolle und für prospektive Studien ist eine sorgfältige Dokumentation aller isolierten Regionalanästhesien an der oberen Extremität sinnvoll. Zusätzlich zum Narkoseprotokoll bietet sich hierfür ein Dokumentationsbogen an, bei dem verschiedene Auswahlmöglichkeiten zum Ankreuzen bestehen. Ein entsprechender Bogen ist in Tab. 17 exemplarisch erstellt worden.

Wichtig wäre insbesondere die neurologische Untersuchung mittels Pinwrick-Test alle 5 Minuten im Vergleich zur kontralateralen Seite, wie in 4.1 bereits beschrieben (Tab. 18). Zur besseren Vergleichbarkeit sollte die Wartezeit nach der Einleitung bis zum OP-Beginn standardisiert werden, z.B. mit 30 Minuten. Weiterhin sollte der Ausbildungsstand des Anästhesisten und die Anzahl der Punktionsversuche erfasst werden. Der Erfolg muss dokumentiert werden als kompletter oder supplementierter Block oder Konversion zur Vollnarkose. Bei der Supplementierung sollte zusätzlich die Medikation erfasst werden. Für eine bessere Qualitätskontrolle ist es erforderlich aufgetretene Nebenwirkungen des entsprechenden Verfahrens zu dokumentieren. Daher sollten also perioperativen Komplikationen wie das Horner-Syndrom, die Phrenikusparese, die Recurrensparese, Gefäßpunktionen, die Lokalanästhetikum-Intoxikation und der Pneumothorax erfasst werden.

Sinnvoll ist auch eine postoperative Befragung zur Erfassung neurologischer Komplikationen und der Patientenzufriedenheit.

In einer Nachfolgestudie der Universität Ulm wird dies bereits für die supraklavikulären Blöcke durchgeführt. Seit Dezember 2010 werden Fragebögen an die Patienten verschickt. Dabei stehen insbesondere die Befragung nach Patientenzufriedenheit und Nervenschädigung im Vordergrund. Von Interesse ist auch, ob der Patient erneut die Plexusnarkose wählen würde.

Tab.17: Entwurf für einen Dokumentationsbogen zur Qualitätskontrolle von Regionalanästhesieverfahren für Eingriffe an der oberen Extremität. Plex. Ax.= Plexus axillaris mit Nervenstimulator, USG Plex. Ax. = Plexus axillaris mit Nervenstimulator und Ultraschall, VIP= vertikaler infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator, USG IP= infraklavikulärer Plexus mit Nervenstimulator und Ultraschall und SCP= Ultraschall gesteuerter supraklavikulärer Plexus mit und ohne Nervenstimulator,

Daten	Auswahl
Art der Plexusnarkose	○ Plex. Ax. ○ USG Plex. Ax. ○ VIP ○ USG IP ○ SCP
Finalstatus/ Erfolg	○ kompletter Block ○ supplementierter Block ○ Konversion zur Vollnarkose
Erfahrung	○ Assistenzarzt ○ Facharzt ○ Oberarzt
Anzahl der Punktionen	○
Einleitungszeit in min	○
Ende Einleitung bis	○ Sollwert: 30 Minuten
Operationsbeginn in Minuten	○ Istwert:
Medikation bei Supplementierung	○ Ketanest ○ Lokalanästhetikum ○ Ultiva-Perfusor ○ Rapifen ○ Fentanyl
Technikwechsel	○ Ja ○ Nein
Larynxmaske	○ Ja ○ Nein
Intubationsnarkose	○ Ja ○ Nein
Katheter	○ Ja ○ Nein
Nervenstimulator	○ Ja ○ Nein
Ultraschall	○ Ja ○ Nein
Größe in Meter	○
Gewicht in Kilogramm	○
Geschlecht	○ Männlich ○ Weiblich
Operationsart	○ Morbus Dupytren ○ Nervennaht ○ Sehnennaht ○ Ganglion ○ Karpaltunnelsyndrom ○ Radiusfraktur ○ Handgelenksspiegelung ○ Unterarmfraktur ○ Fingerfraktur ○ Handphlegmone ○ Mittelhandfraktur ○ Sulcus ulnaris ○ Amputation Sonstiges:

Nebenwirkungen	○ Pneumothorax ○ Phrenikusparesen ○ Respiratorische Insuffizienz ○ Schluckstörungen ○ Parästhesien ○ Hornersyndrom ○ Gefäßpunktion

Tab. 18: Entwurf eines Dokumentationsbogens zur Beurteilung der Sensibilität nach Nervenblockade der oberen Extremität für handchirurgische Operationen mittels Spitz-Stumpf-Diskrimination. Getestet werden die Nervi medianus, ulnaris, radialis und musculocutaneus. 0= Sensibilität voll erhalten, 1= Analgesie: spitz/stumpf kann nicht mehr unterschieden werden, Berührung wird jedoch noch verspürt, 2= Anästhesie: komplette Gefühllosigkeit. Die Wertungen von 0-2 sollen alle 5 Minuten für beide Seiten ermittelt und in den dafür vorgesehenen Feldern dokumentiert werden. min= Minuten, N.= Nervus.

Nerv	Seite	0 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
N. medianus	rechts							
	links							
N. ulnaris	rechts							
	links							
N. radialis	rechts							
	links							
N. musculocutaneus	rechts							
	links							

Tab. 19: Entwurf eines Dokumentationsbogens zur Beurteilung der Motorik bestimmter Kennmuskeln nach Nervblockade der oberen Extremität für handchirurgische Operationen. Dies entspricht der Beugung im Ellenbogengelenk für den Nervus musculocutaneus, das Strecken der Finger für den Nervus radialis, dem Faustschluss für den Nervus medianus und das Spreizen der Finger für den Nervus ulnaris. Hierbei würde unterteilt nach 0: Kraft voll erhalten, normale Muskelfunktion, 1: Bewegung möglich, 2: keine Bewegung möglich. Die Wertungen von 0-2 sollen alle 5 Minuten für beide Seiten ermittelt und in den dafür vorgesehenen Feldern dokumentiert werden. min= Minuten, N.= Nervus.

Nerv	0 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
N. medianus							
N. ulnaris							
N. radialis							
N. musculocutaneus							

4.8 Ausblick in neue Techniken

Zukünftig wird es wichtig sein die Erfolgsraten der Regionalanästhesieverfahren noch weiter zu steigern bzw. stabil zu halten, um konkurrenzfähig zu den immer besser steuerbaren Vollnarkosen zu bleiben Eine Optimierung der Prozesszeiten ist hierfür ebenfalls anzustreben. Dies beinhaltet eine Verkürzung der Einleitungszeit und eine noch schnellere Anschlagszeit. Die Schlüsselrolle dafür ist eine strukturierte Ausbildung [98].

Eine verbesserte Sichtbarkeit der Nadel im Ultraschall-Bild wirkt sich positiv auf den Erfolg, die Sicherheit und die Prozessdauer der Blockade aus [28]. Hierfür gibt es inzwischen spezielle echogene Nadeln, die bei der In-plane-Technik deutlich besser im Ultraschall-Bild erkannt werden können [21]. Außerdem gibt es mittlerweile bei einigen Herstellern von Ultraschallgeräten eine spezielle Software zur Nadelvisualisierung [31].

Ein weiterer wichtiger Faktor ist auch die Nervenvisualisierung im Vergleich zum umgebenden Gewebe. Dies kann erreicht werden durch eine höhere Auflösung des Ultraschall-Bildes oder neue Techniken der Bildzusammensetzung [31]. Dreidimensionale Ultraschall-Verfahren werden bereits in der Geburtshilfe angewendet. In wieweit sie bezüglich der Nervenblockaden hilfreich sein werden, ist derzeit Gegenstand der Forschung [22,31].

Die Erfolgsraten der Ultraschall gesteuerten Verfahren sind bereits sehr hoch. Es wird sicher schwierig sein diese Raten noch zu steigern. Diese technischen Neuerungen müssen in der Lage sein, die Erfolgsraten zu steigern, die Prozessdauer zu verkürzen und die Sicherheit für die Blockaden zu erhöhen. Hierfür sollten auch die Mehrkosten mit in Betracht gezogen werden.

4.9 Schlussfolgerung

Der supraklavikuläre Block erreicht mit 92% die höchste Erfolgsrate. Auch die Einleitungs- und Gesamtzeit sind mit 15 und 40 Minuten im Median am kürzesten. Grundsätzlich haben alle Ultraschall gesteuerten Verfahren eine deutlich höhere Erfolgsrate und kürzere Einleitungs- und Gesamtzeiten als die Nervenstimulator gesteuerten Verfahren. Durch eine verkürzte Prozessdauer können sich die Anschaffungskosten von Ultraschallgeräten amortisieren. Tendenziell hatten das Alter, das Geschlecht und Körpergewicht des

Patienten, sowie der Ausbildungsstand des Anästhesisten keinen Einfluss auf die Erfolgsrate und die Prozessdauer der verschiedenen Verfahren.

5 Zusammenfassung

Ultraschallgesteuerte periphere Nervenblockaden bieten im Vergleich zu den konventionellen Blockaden mit Nervenstimulation mehrere potentielle Vorteile. Entscheidend für die klinische Akzeptanz dieser Verfahren ist ganz sicher die Erfolgsrate. Zudem ist es relevant, ob die Erfolgsraten der supraklavikuläre, infraklavikuläre oder axilläre Blockaden mit den nahezu immer erfolgreichen Vollnarkosen konkurrieren können.

Die Anschaffung von Ultraschallgeräten ist mit hohen Kosten verbunden. Hieraus ergibt sich die Frage, ob durch den Einsatz von Ultraschall Prozesszeiten optimiert werden können und dadurch sogar noch Einsparmöglichkeiten bestehen.

Der Plexus brachialis kann an verschiedenen Stellen mittels Ultraschall visualisiert und dann blockiert werden. In der vorliegenden Studie wurden restrospektiv die Erfolgsraten der Ultraschall gesteuerten axillären, supra- und infraklavikulären Plexusblockaden und die Erfolge des konventionellen Plexus axillaris und des vertikalen infraklavikulären Plexus miteinander verglichen. Dieser Vergleich wurde bei allen Operationen an der oberen Extremität sowie bei den Untergruppen am Karpaltunnelsyndrom, am Morbus Dupuytren, an Radiusfrakturen und bei Patienten mit Handgelenksspiegelungen durchgeführt. Zusätzlich wurden noch der Einfluss des Ausbildungsstandes des Anästhesisten, des Alters, des Geschlechts und des Körpergewichts des Patienten auf die Erfolgsraten untersucht. Die Einleitungszeiten und Zeiten von Beginn der Regionalanästhesie bis zum Hautschnitt wurden ermittelt und zwischen den einzelnen Verfahren verglichen.

Insgesamt wurden 5031 Narkoseprotokolle im Zeitraum vom 01.01.2004 - 30.09.2010 untersucht, bei denen eines der oben genannten fünf Verfahren zur alleinigen intraoperativen Anästhesie für Eingriffe am Ellenbogen, am Unterarm oder der Hand mittels „Single-Shot“ oder Katheteranlage eingesetzt wurden. Hiervon waren 4856 Protokolle vollständig dokumentiert und somit verwertbar. Hinsichtlich der Erfolgsrate wurden die Protokolle nach erfolgreichem Block mit chirurgischer Toleranz, Block mit Supplementierung und Konversion zur Vollnarkose eingeteilt. Als Subgruppen wurden noch die Erfolgsraten bei Operationen am Karpaltunnel, beim Morbus Dupuytren, bei Radiusfrakturen und Handgelenksarthroskopien näher untersucht. Der Ausbildungsgrad der Anästhesisten wurde unterteilt nach Assistenzarzt, Facharzt und Oberarzt. Zudem wurden noch Patientendaten zum Geschlecht, dem Körpergewicht, dem Alter und die Prozesszeiten entnommen und in eine Access-Datenbank eingegeben. Die Patientendaten wurden in anonymisierter Form mit verschiedenen statistischen Methoden ausgewertet.

Der supraklavikuläre Block (n= 772) hat die höchste Erfolgsrate mit 92%, gefolgt vom Ultraschall gesteuerten axillären Block (n= 504) mit 86% und dem Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Block (n= 2574) mit 86%. Bei den konventionellen Verfahren konnte mit dem Plexus axillaris (n= 810) ein Erfolg von 61% und mit der vertikalen infraklavikulären Plexusblockade (n= 196) ein Erfolg von 65% erzielten werden. Insgesamt waren die Ultraschall gesteuerten Verfahren (n= 3850) mit 87% deutlich erfolgreicher als die konventionellen Blockaden (n= 1006) mit 62%.

Sehr schlecht waren die Erfolgsraten des Plexus axillaris insbesondere bei Radiusfraktur mit 38% (n= 52) und Handgelenksarthoskopien mit 55% (n= 49).

Allein für den Ultraschall gesteuerten Plexus axillaris zeigte sich ein Einfluss des Ausbildungsstands auf die Erfolgsrate (Assistenzarzt: 81%, Facharzt: 87,8%, Oberarzt: 92,7%). Das Alter, das Geschlecht und das Körpergewicht hatten keinen Einfluss.

Die Einleitungszeit ist bei den Ultraschall-Verfahren um durchschnittlich 5 und die Gesamtzeit um 7 Minuten kürzer (15 versus 20 Minuten; 43 versus 50 Minuten).

Die beschriebenen hohen Erfolgsraten der Ultraschall gesteuerten Verfahren konnten in unserer retrospektiven Untersuchung bestätigt werden. Besonders auffällig ist der hohe Erfolg der supraklavikulären Plexusblockade mit 92%. Unter Berücksichtigung von absoluten und relativen Kontraindikationen bietet sich dieser Block daher als Standardblockade für Operationen an der oberen Extremität an. Als Alternative ergibt sich der Ultraschall gesteuerte Plexus axillaris, der ein geringeres Nebenwirkungsspektrum besitzt. Die Erfolgsrate ist jedoch abhängig vom Ausbildungsstand und mit 86% geringer. Diese geringere Erfolgsrate erklärt sich dadurch, dass der Nervus radialis bei einigen Patienten schwierig zu finden ist. Auch die geringere Erfolgsquote der Ultraschall gesteuerten infraklavikulären Plexusblockade mit 86% beruht wahrscheinlich darauf, dass sich der posteriore und mediale Faszikel nicht gut visualisieren lassen.

Beim konventionellen Plexus axillaris wird nur der Nervus medianus stimuliert. Die Ausbreitung des Lokalanästhetikums zu den anderen Nerven wird durch bindegewebige Septen in der Gefäß-Nerven-Scheide verhindert. Bei der vertikalen infraklavikulären Plexusblockde wird die Erfolgsrate eventuell durch die individuelle anatomische Variabilität geschmälert, die mittels externer anatomischer Orientierungspunkte nicht exakt bestimmt werden kann.

Die hohen Anschaffungskosten eines Ultraschallgeräts können durch eine Zeitersparnis bei der Gesamtzeit amortisiert werden.

Für die Sicherung der hohen Erfolgsraten ist eine strukturierte Ausbildung erforderlich. In wieweit neue Techniken wie z.B. eine verbesserte Nadelerkennung, höhere Auflösung des Ultraschall-Bildes oder 3D-Ultraschall hilfreich sind, müssen weitere prospektive Untersuchungen zeigen.

6 Literaturverzeichnis

[1] Aguirre J, Blumenthal S, Borgeat A: Ultrasound guidance and success rates of axillary brachial plexus block. Can J Anaesth 54:583-585 (2007)

[2] Aguirre J, Ruland P, Ekatodramis G, Borgeat A: Ultrasound does not improve clinical outcome compared with neurostimulation. Reg Anesth Pain Med 34:621-622 (2009)

[3] Arcand G, Williams SR, Chouinard P, Boudreault D, Harris P, Ruel M, Girard F: Ultrasound-guided infraclavicular versus supraclavicular block. Anesth Analg 101:886-90 (2005)

[4] Armstrong KP, Cherry RA: Brachial plexus anesthesia compared to general anesthesia when a block room is available. Can J Anaesth 51:41-44 (2004)

[5] Behnke H: Nerve stimulation based peripheral regional anesthesia: technique of the old-fashioned or sonography-directed peripheral regional anesthesia a technique for ninnies? Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 41:267-269 (2006)

[6] Benumof JL: Permanent loss of cervical spinal cord function associated with interscalene block performed under general anesthesia. Anesthesiology 93:1541-1544 (2000)

[7] Bhatia A, Lai J, Chan VW, Brull R: Case report: pneumothorax as a complication of the ultrasound-guided supraclavicular approach for brachial plexus block. Anesth Analg 111:817-819 (2010)

[8] Bigeleisen P, Wilson M: A comparison of two techniques for ultrasound guided infraclavicular block. Br J Anaesth 96:502-507 (2006)

[9] Bigeleisen PE, Moayeri N, Groen GJ: Extraneural versus intraneural stimulation thresholds during ultrasound-guided supraclavicular block. Anesthesiology 110:1235-1243 (2009)

[10] Bloc S, Mercadal L, Garnier T, Komly B, Leclerc P, Morel B, Ecoffey C, Dhonneur G: Comfort of the patient during axillary blocks placement: a randomized comparison of the neurostimulation and the ultrasound guidance techniques. Eur J Anaesthesiol 27:628-633 (2010)

[11] Borgeat A, Ekatodramis G, Kalberer F, Benz C: Acute and nonacute complications associated with interscalene block and shoulder surgery: a prospective study. Anesthesiology 95:875-880 (2001)

[12] Brull R, Lupu M, Perlas A, Chan VW, McCartney CJ: Compared with dual nerve stimulation, ultrasound guidance shortens the time for infraclavicular block performance. Can J Anaesth 56:812-818 (2009)

[13] Brull R, McCartney CJ, Chan VW: A novel approach to infraclavicular brachial plexus block: the ultrasound experience. Anesth Analg 99:950-951 (2004)

[14] Brull R, McCartney CJ, Chan VW, El Beheiry H: Neurological complications after regional anesthesia: contemporary estimates of risk. Anesth Analg 104:965-974 (2007)

[15] Brull R, Perlas A, Chan VW: Ultrasound-guided peripheral nerve blockade. Curr Pain Headache Rep 11:25-32 (2007)

[16] Casati A, Danelli G, Baciarello M, Corradi M, Leone S, Di Cianni S, Fanelli G: A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block. Anesthesiology 106:992-996 (2007)

[17] Chan VW, Peng PW, Kaszas Z, Middleton WJ, Muni R, Anastakis DG, Graham BA: A comparative study of general anesthesia, intravenous regional anesthesia, and axillary block for outpatient hand surgery: clinical outcome and cost analysis. Anesth Analg 93:1181-1184 (2001)

[18] Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, Brull R, Xu D, Abbas S: Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. Can J Anaesth 54:176-182 (2007)

[19] Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O: Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. Anesth Analg 97:1514-1517 (2003)

[20] Chin KJ, Chan V: Evaluating outcomes in ultrasound-guided regional anesthesia. Can J Anaesth 57:1-8 (2010)

[21] Chin KJ, Perlas A, Chan VW, Brull R: Needle visualization in ultrasound-guided regional anesthesia: challenges and solutions. Reg Anesth Pain Med 33:532-544 (2008)

[22] Clendenen SR, Robards CB, Clendenen NJ, Freidenstein JE, Greengrass RA: Real-time 3-dimensional ultrasound-assisted infraclavicular brachial plexus catheter placement: implications of a new technology. Anesthesiol Res Pract 2010 (2010)

[23] Cornish PB: "The sheath" versus "the axillary tunnel": a conflict of states and understanding. Reg Anesth Pain Med 34:279-280 (2009)

[24] Cornish PB, Leaper C: The sheath of the brachial plexus: fact or fiction? Anesthesiology 105:563-565 (2006)

[25] Cornish PB, Leaper CJ, Hahn JL: The "axillary tunnel": an anatomic reappraisal of the limits and dynamics of spread during brachial plexus blockade. Anesth Analg 104:1288-91 (2007)

[26] Cory PC: Concerns regarding ultrasound-guided regional anesthesia. Anesthesiology 111:1167-1168 (2009)

[27] De Jose MB, Banus E, Navarro EM, Serrano S, Perello M, Mabrok M: Ultrasound-guided supraclavicular vs infraclavicular brachial plexus blocks in children. Paediatr Anaesth 18:838-844 (2008)

[28] De A: Needle visualization critical for ultrasound-guided block success and patient safety. Reg Anesth Pain Med 34:76-77 (2009)

[29] Desgagnes MC, Levesque S, Dion N, Nadeau MJ, Cote D, Brassard J, Nicole PC, Turgeon AF: A comparison of a single or triple injection technique for ultrasound-

guided infraclavicular block: a prospective randomized controlled study. Anesth Analg 109:668-672 (2009)

[30] Dhir S, Ganapathy S: Comparative evaluation of ultrasound-guided continuous infraclavicular brachial plexus block with stimulating catheter and traditional technique: a prospective-randomized trial. Acta Anaesthesiol Scand 52:1158-1166 (2008)

[31] Dillane D, Tsui BC: From basic concepts to emerging technologies in regional anesthesia. Curr Opin.Anaesthesiol 23:643-649 (2010)

[32] Feigl GC, Dreu M: Important structures to be known for a safe ultrasound-guided supraclavicular plexus block. Reg Anesth Pain Med 35:317-318 (2010)

[33] Fingerman M, Benonis JG, Martin G: A practical guide to commonly performed ultrasound-guided peripheral-nerve blocks. Curr Opin Anaesthesiol 22:600-607 (2009)

[34] Fredrickson MJ, Patel A, Young S, Chinchanwala S: Speed of onset of 'corner pocket supraclavicular' and infraclavicular ultrasound guided brachial plexus block: a randomised observer-blinded comparison. Anaesthesia 64:738-744 (2009)

[35] Geiser T, Lang D, Neuburger M, Ott B, Augat P, Buttner J: Perivascular brachial plexus block : Ultrasound versus nerve stimulator. Anaesthesist (2011)

[36] Gray AT, Drasner K: Safety of ultrasound-guided regional anesthesia. Anesthesiology 112:1538-1539 (2010)

[37] Greher M, Retzl G, Niel P, Kamolz L, Marhofer P, Kapral S: Ultrasonographic assessment of topographic anatomy in volunteers suggests a modification of the infraclavicular vertical brachial plexus block. Br J Anaesth 88:632-636 (2002)

[38] Griffin J, Nicholls B: Ultrasound in regional anaesthesia. Anaesthesia 65 Suppl 1:1-12 (2010)

[39] Gurkan Y, Acar S, Solak M, Toker K: Comparison of nerve stimulation vs. ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block. Acta Anaesthesiol Scand 52:851-855 (2008)

[40] Gurkan Y, Tekin M, Acar S, Solak M, Toker K: Is nerve stimulation needed during an ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block? Acta Anaesthesiol Scand 54:403-407 (2010)

[41] Hadzic A, Arliss J, Kerimoglu B, Karaca PE, Yufa M, Claudio RE, Vloka JD, Rosenquist R, Santos AC, Thys DM: A comparison of infraclavicular nerve block versus general anesthesia for hand and wrist day-case surgeries. Anesthesiology 101:127-132 (2004)

[42] Hadzic A, Dewaele S, Gandhi K, Santos A: Volume and dose of local anesthetic necessary to block the axillary brachial plexus using ultrasound guidance. Anesthesiology 111:8-9 (2009)

[43] Hadzic A, Sala-Blanch X, Xu D: Ultrasound guidance may reduce but not eliminate complications of peripheral nerve blocks. Anesthesiology 108:557-558 (2008)

[44] Haleem S, Siddiqui AK, Mowafi HA, Ismail SA, Ali QA: Brief reports: nerve stimulator evoked motor response predicting a successful supraclavicular brachial plexus block. Anesth Analg 110:1745-1746 (2010)

[45] Ivani G, Ferrante FM: The American Society Of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society Of Regional Anaesthesia and Pain Therapy Joint Committee recommendations for education and training in ultrasound guided regional anesthesia: why do we need these guidelines? Reg Anesth Pain Med 34:8-9 (2009)

[46] Jeng CL, Torrillo TM, Rosenblatt MA: Complications of peripheral nerve blocks. Br J Anaesth 105:97-107 (2010)

[47] Kapral S, Marhofer P: Ultrasound in local anaesthesia. Part II: ultrasound-guided blockade of peripheral nerve channels. Anaesthesist 51:1006-1014 (2002)

[48] Kapral S, Marhofer P, Grau T: Ultrasound in local anaesthesia. Part I: technical developments and background. Anaesthesist 51:931-937 (2002)

[49] Kessler J, Marhofer P, Rapp HJ, Hollmann MW: Ultrasound-guided anaesthesia of peripheral nerves. The new challenge for anaesthesiologists. Anaesthesist 56:642-655 (2007)

[50] Kilka HG, Geiger P, Mehrkens HH: Infraclavicular vertical brachial plexus blockade. A new method for anesthesia of the upper extremity. An anatomical and clinical study. Anaesthesist 44:339-344 (1995)

[51] Klaastad O, Sauter AR, Dodgson MS: Brachial plexus block with or without ultrasound guidance. Curr Opin Anaesthesiol 22:655-660 (2009)

[52] Klaastad O, Smedby O, Kjelstrup T, Smith HJ: The vertical infraclavicular brachial plexus block: a simulation study using magnetic resonance imaging. Anesth Analg 101:273-8 (2005)

[53] Klaastad O, Smedby O, Thompson GE, Tillung T, Hol PK, Rotnes JS, Brodal P, Breivik H, Hetland KR, Fosse ET: Distribution of local anesthetic in axillary brachial plexus block: a clinical and magnetic resonance imaging study. Anesthesiology 96:1315-1324 (2002)

[54] Koscielniak-Nielsen ZJ: Multiple injections in axillary block: where and how many? Reg Anesth Pain Med 31:192-195 (2006)

[55] Koscielniak-Nielsen ZJ: Ultrasound-guided peripheral nerve blocks: what are the benefits? Acta Anaesthesiol Scand 52:727-737 (2008)

[56] Koscielniak-Nielsen ZJ, Frederiksen BS, Rasmussen H, Hesselbjerg L: A comparison of ultrasound-guided supraclavicular and infraclavicular blocks for upper extremity surgery. Acta Anaesthesiol Scand 53:620-626 (2009)

[57] Koscielniak-Nielsen ZJ, Rasmussen H, Hesselbjerg L: Pneumothorax after an ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block. Acta Anaesthesiol Scand 52:1176-1177 (2008)

[58] Koscielniak-Nielsen ZJ, Rasmussen H, Hesselbjerg L, Gurkan Y, Belhage B: Clinical evaluation of the lateral sagittal infraclavicular block developed by MRI studies. Reg Anesth Pain Med 30:329-334 (2005)

[59] Kulenkampff D: Zur Anasthesierung des Plexus brachialis. Zentralblatt für Chrurgie 38:1337-1340 (1911)

[60] Kulenkampff D: Brachial plexus anaesthesia: Its indications, technique, and dangers. Ann Surg 87:883-891 (1928)

[61] Liu SS, John RS: Modeling cost of ultrasound versus nerve stimulator guidance for nerve blocks with sensitivity analysis. Reg Anesth Pain Med 35:57-63 (2010)

[62] Liu SS, Ngeow J, John RS: Evidence basis for ultrasound-guided block characteristics: onset, quality, and duration. Reg Anesth Pain Med 35:26-35 (2010)

[63] Lo N, Brull R, Perlas A, Chan VW, McCartney CJ, Sacco R, El Beheiry H: Evolution of ultrasound guided axillary brachial plexus blockade: retrospective analysis of 662 blocks. Can J Anaesth 55:408-413 (2008)

[64] Luyet C, Schupfer G, Wipfli M, Greif R, Luginbuhl M, Eichenberger U: Different Learning Curves for Axillary Brachial Plexus Block: Ultrasound Guidance versus Nerve Stimulation. Anesthesiol Res Pract 2010:309-462 (2010)

[65] Macfarlane AJ, Perlas A, Chan V, Brull R: Eight ball, corner pocket ultrasound-guided supraclavicular block: avoiding a scratch. Reg Anesth Pain Med 33:502-503 (2008)

[66] Mannion S, Capdevila X: Ultrasound guidance and success rates of axillary brachial plexus block II. Can J Anaesth 54:584-585 (2007)

[67] Marhofer P, Greher M, Kapral S: Ultrasound guidance in regional anaesthesia. Br J Anaesth 94:7-17 (2005)

[68] Mariano ER, Loland VJ, Bellars RH, Sandhu NS, Bishop ML, Abrams RA, Meunier MJ, Maldonado RC, Ferguson EJ, Ilfeld BM: Ultrasound guidance versus electrical stimulation for infraclavicular brachial plexus perineural catheter insertion. J Ultrasound Med 28:1211-1218 (2009)

[69] Martinez NA, de la Tabla Gonzalez RO: Ultrasound-guided technique allowed early detection of intravascular injection during an infraclavicular brachial plexus block. Acta Anaesthesiol Scand 53:968-970 (2009)

[70] McCartney CJ: Ultrasound guidance for regional anaesthesia. Br J Anaesth 99:139-2 (2007)

[71] McCartney CJ, Brull R, Chan VW, Katz J, Abbas S, Graham B, Nova H, Rawson R, Anastakis DJ, von Schroeder H: Early but no long-term benefit of regional compared with general anesthesia for ambulatory hand surgery. Anesthesiology 101:461-467 (2004)

[72] McCartney CJ, Dickinson V, Dubrowski A, Riazi S, McHardy P, Awad IT: Ultrasound provides a reliable test of local anesthetic spread. Reg Anesth Pain Med 35:361-363 (2010)

[73] McCartney CJ, Lin L, Shastri U: Evidence basis for the use of ultrasound for upper-extremity blocks. Reg Anesth Pain Med 35:10-15 (2010)

[74] Morfey DH, Brull R: Finding the corner pocket: landmarks in ultrasound-guided supraclavicular block. Anaesthesia 64:1381 (2009)

[75] Morros C, Perez-Cuenca MD, Sala-Blanch X, Cedo F: Contribution of ultrasound guidance to the performance of the axillary brachial plexus block with multiple nerve stimulation. Rev Esp Anestesiol Reanim 56:69-74 (2009)

[76] Neal JM, Gerancher JC, Hebl JR, Ilfeld BM, McCartney CJ, Franco CD, Hogan QH: Upper extremity regional anesthesia: essentials of our current understanding. Reg Anesth Pain Med 34:134-170 (2009)

[77] Neal JM, Wedel DJ: Ultrasound guidance and peripheral nerve injury: is our vision as sharp as we think it is? Reg Anesth Pain Med 35:335-337 (2010)

[78] Netter, F. H. Atlas der Anatomie des Menschen. Ciba Geigy AG Basel (1994)

[79] Neuburger M, Kaiser H, Rembold-Schuster I, Landes H: Vertical infraclavicular brachial-plexus blockade. A clinical study of reliability of a new method for plexus anesthesia of the upper extremity. Anaesthesist 47:595-599 (1998)

[80] Neuburger M, Landes H, Kaiser H: Pneumothorax in vertical infraclavicular block of the brachial plexus. Review of a rare complication. Anaesthesist 49:901-904 (2000)

[81] Nielsen KC, Guller U, Steele SM, Klein SM, Greengrass RA, Pietrobon R: Influence of obesity on surgical regional anesthesia in the ambulatory setting: an analysis of 9,038 blocks. Anesthesiology 102:181-187 (2005)

[82] Nielsen KC, Steele SM: Outcome after regional anaesthesia in the ambulatory setting--is it really worth it? Best Pract Res Clin Anaesthesiol 16:145-157 (2002)

[83] Orebaugh SL, Williams BA, Kentor ML: Ultrasound guidance with nerve stimulation reduces the time necessary for resident peripheral nerve blockade. Reg Anesth Pain Med 32:448-454 (2007)

[84] Perlas A, Chan VW, Simons M: Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. Anesthesiology 99:429-435 (2003)

[85] Perlas A, Lobo G, Lo N, Brull R, Chan VW, Karkhanis R: Ultrasound-guided supraclavicular block: outcome of 510 consecutive cases. Reg Anesth Pain Med 34:171-176 (2009)

[86] Perlas A, Niazi A, McCartney C, Chan V, Xu D, Abbas S: The sensitivity of motor response to nerve stimulation and paresthesia for nerve localization as evaluated by ultrasound. Reg Anesth Pain Med 31:445-450 (2006)

[87] Robards C, Hadzic A, Somasundaram L, Iwata T, Gadsden J, Xu D, Sala-Blanch X: Intraneural injection with low-current stimulation during popliteal sciatic nerve block. Anesth Analg 109:673-677 (2009)

[88] Rodriguez J, Taboada M, Del Rio S, Barcena M, Alvarez J: A comparison of four stimulation patterns in axillary block. Reg Anesth Pain Med 30:324-328 (2005)

[89] Sandhu NS, Capan LM: Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block. Br J Anaesth 89:254-259 (2002)

[90] Sandhu NS, Manne JS, Medabalmi PK, Capan LM: Sonographically guided infraclavicular brachial plexus block in adults: a retrospective analysis of 1146 cases. J Ultrasound Med 25:1555-1561 (2006)

[91] Sandhu NS, Sidhu DS, Capan LM: The cost comparison of infraclavicular brachial plexus block by nerve stimulator and ultrasound guidance. Anesth Analg 98:267-268 (2004)

[92] Saranteas T: Limitations in ultrasound imaging techniques in anesthesia: obesity and muscle atrophy? Anesth Analg 109:993-994 (2009)

[93] Sauter AR, Smith HJ, Stubhaug A, Dodgson MS, Klaastad O: Use of magnetic resonance imaging to define the anatomical location closest to all three cords of the infraclavicular brachial plexus. Anesth Analg 103:1574-1576 (2006)

[94] Schulz-Stubner S: Brachial plexus. Anesthesia and analgesia. Anaesthesist 52:643-656 (2003)

[95] Schwemmer U, Markus CK, Greim CA, Brederlau J, Roewer N: Ultrasound-guided anaesthesia of the axillary brachial plexus: efficacy of multiple injection approach. Ultraschall Med 26:114-119 (2005)

[96] Schwemmer U, Schleppers A, Markus C, Kredel M, Kirschner S, Roewer N: Operative management in axillary brachial plexus blocks: comparison of ultrasound and nerve stimulation. Anaesthesist 55:451-456 (2006)

[97] Sites BD, Brull R, Chan VW, Spence BC, Gallagher J, Beach ML, Sites VR, Abbas S, Hartman GS: Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia: Part II: A pictorial approach to understanding and avoidance. Reg Anesth Pain Med 35:81-92 (2010)

[98] Sites BD, Chan VW, Neal JM, Weller R, Grau T, Koscielniak-Nielsen ZJ, Ivani G: The American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine and the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy joint committee recommendations for education and training in ultrasound-guided regional anesthesia. Reg Anesth Pain Med 35:74-80 (2010)

[99] Sites BD, Spence BC, Gallagher JD, Wiley CW, Bertrand ML, Blike GT: Characterizing novice behavior associated with learning ultrasound-guided peripheral regional anesthesia. Reg Anesth Pain Med 32:107-115 (2007)

[100] Soares LG, Brull R, Lai J, Chan VW: Eight ball, corner pocket: the optimal needle position for ultrasound-guided supraclavicular block. Reg Anesth Pain Med 32:94-95 (2007)

[101] Tran dQ, Russo G, Munoz L, Zaouter C, Finlayson RJ: A prospective, randomized comparison between ultrasound-guided supraclavicular, infraclavicular, and axillary brachial plexus blocks. Reg Anesth Pain Med 34:366-371 (2009)

[102] Tzabar Y, Asbury AJ, Millar K: Cognitive failures after general anaesthesia for day-case surgery. Br J Anaesth 76:194-197 (1996)

[103] VadeBoncouer TR, Weinberg GL, Oswald S, Angelov F: Early detection of intravascular injection during ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. Reg Anesth Pain Med 33:278-279 (2008)

[104] 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 97:1518-1523 (2003)

[105] Wong DM, Gledhill S, Thomas R, Barrington MJ: Sonographic location of the radial nerve confirmed by nerve stimulation during axillary brachial plexus blockade. Reg Anesth Pain Med 34:503-507 (2009)

Danksagung

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Dr. Georgieff, für die Übernahme der Betreuung und die freundliche Durchsicht dieser Arbeit.

Besonderer Dank gilt schließlich meinem Betreuer, Herrn Dr. Ilyas Tugtekin, für die wichtige und fruchtbare Zusammenarbeit in der Sammlung der klinischen Daten. Er stand mir jederzeit für meine Fragen zur Verfügung und unterstütze meine Tätigkeit in vielerlei Hinsicht. Ohne ihn wäre diese Aufgabe nicht zu bewältigen gewesen.

Vielen Dank für alles!

Aus Gründen des Datenschutzes wurde in der Onlineversion auf die Veröffentlichung des Lebenslaufes verzichtet