

Aus der Klinik für Anästhesiologie

am Universitätsklinikum Ulm

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. h. c. Michael Georgieff

**Axilläre versus supraclaviculäre
Plexusblockade: Ein prospektiver,
randomisierter Vergleich hinsichtlich
Prozesszeiten und Erholungsqualität**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von

Robert Schappacher

Geboren in Aalen

Ulm, Februar 2017

Amtierender Dekan: Prof. Dr. T. Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. C. Muth

2. Berichterstatter: Prof Dr. T. Kapapa

Tag der Promotion: 14.12.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Regionalanästhesieverfahren für ambulante Operationen an der Hand, am Unterarm oder am Ellenbogen.....	1
1.1.1	Die axilläre Plexus-brachialis-Blockade.....	2
1.1.2	Die infraclaviculäre Plexus-brachialis-Blockade.....	3
1.1.3	Die supraclaviculäre Plexus-brachialis-Blockade.....	3
1.2	Ultraschallunterstützte Verfahren für brachiale Plexusblockaden.....	4
1.3	Potenzielle Komplikationen nach Plexus brachialis Blockaden.....	5
1.4	Erholungsqualität nach operativen Eingriffen.....	6
1.5	Effizientes OP-Management.....	8
1.6	Problemstellung.....	8
1.7	Ziel der Studie.....	9
2	Material und Methoden.....	10
2.1	Fallzahlplanung.....	10
2.2	Patientenrekrutierung.....	10
2.3	Gruppenzuteilung.....	11
2.4	Operative Prozedur.....	11
2.4.1	Durchführung axilläre Plexusblockade.....	11
2.4.2	Durchführung supraclaviculäre Plexusblockade.....	12
2.5	Postoperative Untersuchung.....	12
2.6	Erfassung von perioperativen Prozesszeiten.....	12
2.7	QoR-15.....	13
2.8	Statistik.....	14
3	Ergebnisse.....	15
3.1	Demografische Daten.....	15
3.2	Vergleich der Prozesszeiten zwischen AP und SCP.....	16
3.2.1	Übersichtsstatistik.....	16
3.2.2	Einleitungsdauer (K2).....	17
3.2.3	Ausleitungsdauer (K3).....	18
3.2.4	Anästhesiologischer Vorlauf (K4).....	18
3.2.5	Anästhesiologischer Nachlauf (K5).....	19
3.2.6	Operativer Vorlauf (K7).....	20

3.2.7	Schnitt-Naht-Zeit (K8).....	21
3.2.8	Perioperative Zeit (K10).....	22
3.2.9	Reine Anästhesiezeit (K13).....	23
3.2.10	Anästhesiologiezeit (K14).....	24
3.2.11	Wechselzeit (K15).....	25
3.2.12	Naht-Schnitt-Zeit (K16).....	26
3.2.13	Säulenzeit (K17).....	27
3.2.14	Postoperative Überwachung.....	28
3.3	Vergleich der Erholungsqualität nach AP und SCP.....	29
3.4	Korrelationsanalysen.....	31
3.4.1	Einflussfaktoren auf Schmerzen.....	31
3.4.2	Einflussfaktoren auf das physische Wohlbefinden.....	31
3.4.3	Einflussfaktoren auf die psychische Unabhängigkeit.....	32
3.4.4	Einflussfaktoren auf die emotionale Verfassung.....	32
4	Diskussion.....	33
4.1	Vergleich der Prozesszeiten zwischen AP und SCP.....	33
4.2	Vergleich der Erholungsqualität nach AP und SCP.....	34
4.3	Stärken und Schwächen der Studie.....	35
4.4	Schlussfolgerung.....	36
5	Zusammenfassung.....	37
6	Literaturverzeichnis.....	38
7	Anhang.....	44
7.1	Fragebogen zur Patientenzufriedenheit (QoR-15).....	44
7.2	Ethikvotum.....	47
8	Danksagung.....	49
9	Lebenslauf.....	50

Abkürzungsverzeichnis

AP	axilläre Plexusblockade
BMI	Body Mass Index
MW	Mittelwert
OP	Operationssaal
SCP	supraclaviculäre Plexusblockade
STABW	Standardabweichung
QoR-15	Quality of Recovery-15 (ein Fragebogen mit 15 Items)
QoR-40	Quality of Recovery-40 (ein Fragebogen mit 40 Items)

1 Einleitung

1.1 Regionalanästhesieverfahren für ambulante Operationen an der Hand, am Unterarm oder am Ellenbogen

Die Vorteile von regionalanästhetischen Verfahren gegenüber Vollnarkosen für ambulante Operationen an der Hand, am Unterarm oder am Ellenbogen sind gut dokumentiert (Tran et al., 2009). Dazu gehören eine gesteigerte Schmerzfreiheit, eine reduzierte Übelkeit und eine raschere Entlassung in die unmittelbare postoperative Periode (McCartney et al., 2004). Durch kürzere Erholungszeiten nach einer Regionalanästhesie wird auch die Aufenthaltsdauer von Patienten in der Klinik verkürzt, wodurch die Zufriedenheit der Patienten zusätzlich gesteigert wird (Hadzic et al., 2004). Die brachialen Plexusblockaden weisen eine überdurchschnittlich hohe Erfolgsrate auf: So konnte in einer retrospektiven Analyse von 1.146 Fällen eine Erfolgsquote von Plexusblockaden von 99,3 % nachgewiesen werden (Sandhu et al., 2006).

Zur Regionalanästhesie für ambulante Operationen am Arm werden verschiedene ultraschallgesteuerte Blockadeverfahren des Armnervengeflechts eingesetzt, meist unter Verwendung der supraclaviculären, der infraclaviculären und der axillären Zugangstechnik.

Die oberen Extremitäten werden motorisch und sensibel aus den letzten vier Hals- und dem ersten Brustsegment (C5 – Th1) innerviert. Das Geflecht aus den ventralen Ästen der Spinalnerven aus den Rückenmarksegmenten C5 – Th1 gehört zum peripheren Nervensystem und wird als Plexus brachialis bezeichnet. Der Plexus brachialis teilt sich in einen supraclaviculären und einen infraclaviculären Teil auf. Im supraclaviculären Teil bildet der Plexus brachialis die drei Primärstränge (Trunci), welche sich im weiteren Verlauf infraclaviculär der Arteria axillaris anlagern und die drei Sekundärstränge (Fasciculi) formen (Ritter et al., 2014). Aus den einzelnen Fasciculi entspringen wiederum Nerven, die unter anderem durch Zusammenlagerung von Faseranteilen aus verschiedenen Faszikeln bestehen können (Abbildung 1). Aus dem Plexus brachialis gehen die großen Armnerven hervor: der Speichennerv (Nervus radialis), der Ellenerv (Nervus ulnaris) und der Mittelnerv (Nervus medianus).

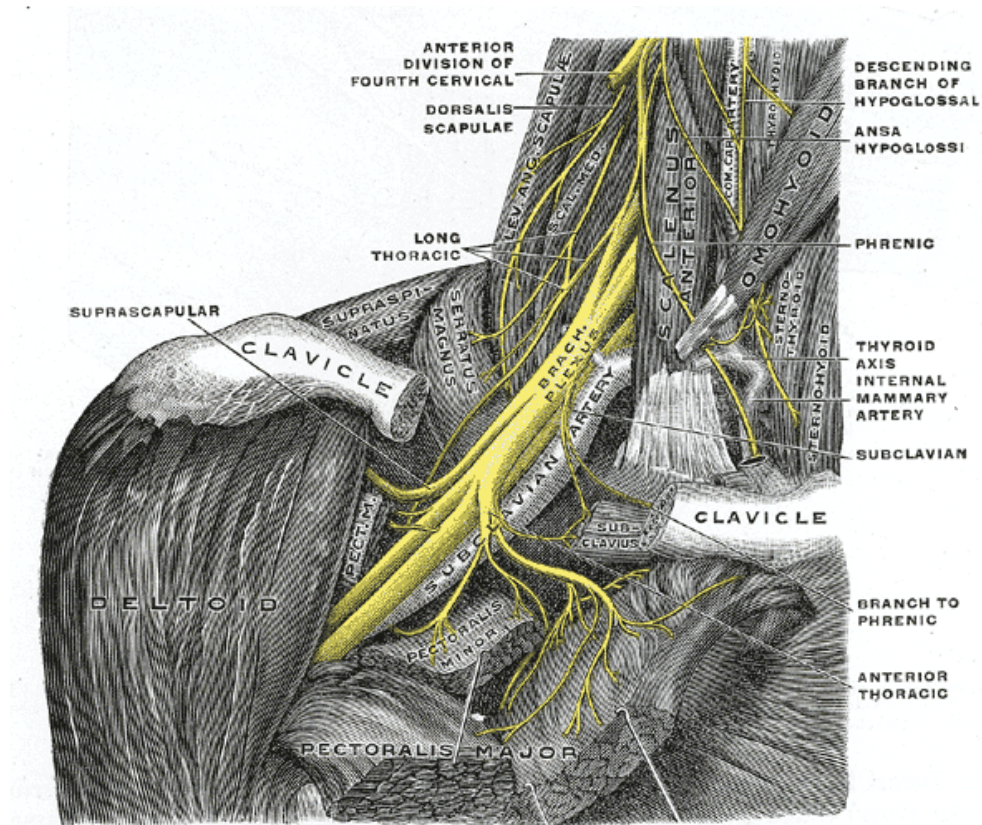


Abbildung 1: Plexus brachialis beim Menschen. (Quelle: „Gray808“. Lizenziert unter Gemeinfrei über Wikimedia Commons (Abrufdatum 03.11.2016) - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gray808.png#mediaviewer/File:Gray808.png>)

Der Plexus brachialis kann an seinen verschiedenen anatomischen Aufgliederungen, von den Nervenwurzeln bis zu den individuellen terminalen Ästen, blockiert werden. Die Wahl des Verfahrens hängt von der sensorischen und motorischen Innervierung an der Operationsstelle ab.

1.1.1 Die axilläre Plexus-brachialis-Blockade

Die axilläre Plexus-brachialis-Blockade (AP) blockiert die terminalen Äste und bietet damit ein anästhetisches Verfahren für chirurgische Eingriffe am Ellenbogen, dem Unterarm und der Hand. Der axilläre Block bietet außerdem kutane Anästhesien des inneren Unterarms (Ranganath et al., 2014). Die AP ist ein verhältnismäßig einfach durchzuführendes und nebenwirkungsarmes Verfahren, bei dem durch die Injektion von Lokalanästhetika im Bereich der Achsel die Nerven des Plexus brachialis (Nervus medianus, Nervus ulnaris, Nervus radialis, Nervus musculocutaneus) reversibel blockiert werden. Im Vergleich zur infraclaviculären Plexusblockade besteht bei der axillären Plexusanästhesie die Gefahr einer

unzureichenden Ausschaltung des Innervationsgebietes des Nervus radialis („Radialislücke“) (Geiser et al., 2011), jedoch wird gleichzeitig das Risiko eines Pneumothorax deutlich reduziert. Insgesamt gilt die axilläre Blockade als das sicherste Verfahren, weil es das geringste Risiko für ernste Komplikationen in sich trägt (Ranganath et al., 2014).

1.1.2 Die infraclaviculäre Plexus-brachialis-Blockade

Die infraclaviculäre Plexus-brachialis-Blockade ist wie die axilläre Blockade ein relativ leicht durchzuführendes und ebenfalls nebenwirkungsarmes Verfahren, bei dem durch die Injektion von Lokalanästhetika unterhalb des Schlüsselbeins die Nerven des Plexus brachialis reversibel blockiert werden. Ein hoher Anteil an kompletten Blockadeerfolgen (Neuburger et al., 1998; Chin et al., 2013) und eine schnelle Anschlagszeit können als Vorteile gegenüber der axillären Plexusblockade gewertet werden, jedoch erhöht sich das Komplikationsrisiko für einen Pneumothorax aufgrund der räumlichen Nähe zur Pleura.

1.1.3 Die supraclaviculäre Plexus-brachialis-Blockade

Die supraclaviculäre Plexus-brachialis-Blockade (SCP) blockiert den Plexus auf der Höhe der Primärstränge und bietet damit eine Regionalanästhesie des gesamten Arms mit sehr großem Blockadeareal. Sie ist wie die axilläre und die infraclaviculäre Plexusanästhesie ein einfach durchzuführendes und nebenwirkungsarmes Verfahren, bei dem durch die Injektion von Lokalanästhetika oberhalb des Schlüsselbeins die Nervenstränge (Faszikel) des Plexus brachialis (Fasciculus lateralis, Fasciculus posterior, Fasciculus medialis) reversibel blockiert werden. Die supraclaviculäre Plexusanästhesie wurde bereits Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieben (Kulenkampff, 1928) und bietet eine konsistentere und effektivere Regionalanästhesie für die obere Extremität als andere Blockaden des Plexus Brachialis (Hanumanthaiah et al., 2013). In der ursprünglichen Beschreibung wurde das Lokalanästhetikum in Richtung der ersten Rippe injiziert, wo der Plexus brachialis in der Nähe der Schlüsselbeinschlagader liegt (Kulenkampff, 1928). Seitdem wurden zahlreiche Modifikationen dieser Technik entwickelt (Moorthy et al., 1991; Brown et al., 1993).

Im Vergleich zur axillären Blockade gelten eine hohe Erfolgsquote an kompletten Blockaden und eine schnelle Anschlagszeit als vorteilhaft, im Vergleich zur axillären Plexusblockade wurden jedoch erhöhte Komplikationsraten, wie z. B. Pneumothorax, Phrenikusparese und Horner-Syndrom berichtet (Hess, 1988; Sadowski et al., 2014).

1.2 Ultraschallunterstützte Verfahren für Blockaden des Plexus Brachialis

Seit ihrer Einführung in die klinische Routine stellen die Ultraschallverfahren eine wertvolle Unterstützung von peripheren Nervenblockaden dar (Gray, 2006). Nach einer anfänglichen Nutzung zur Nervenstimulation wurde der Ultraschall als Orientierungshilfe zur Lokalisation und zum Anästhesieren des Plexus brachialis etabliert. Historisch gesehen sind ultraschallgestützte Plexus-brachialis-Blockaden eine sehr rezente Entwicklung:

Abramowitz und Cohen beschrieben im Jahr 1981 die Anwendung des Doppler-Ultraschalls zur Identifikation der Achselarterie als bahnbrechende Unterstützung von schwierig durchzuführenden axillären Plexusblockaden (Abramowitz und Cohen, 1981). Aber erst durch die Verwendung des B-Mode-Ultraschalls im Jahr 1989 für die Durchführung von axillären Blockaden wurde der Weg für ultraschallgeleitete periphere Nervenblockaden geebnet (Ting und Sivagnanaratnam, 1989).

Mit einer Sonografie können der Nerv, beziehungsweise die Zielstruktur, die Nadel und die Ausbreitung des Lokalanästhetikums in Echtzeit visualisiert werden. Aus diesem Grund weisen ultraschallgeführte Plexus-Brachialis-Blockaden eine überdurchschnittlich hohe Erfolgsrate auf: So konnte in einer retrospektiven Analyse von 1.146 Fällen eine Erfolgsquote von Plexusblockaden von 99,3 % nachgewiesen werden (Sandhu et al., 2006). Auch in Betrachtung der einzelnen Verfahren konnten für supraclaviculäre (Chan et al., 2003), infraclaviculäre (Ootaki et al., 2000) und axilläre (Sites et al., 2006; Casati et al., 2007) Blockadetechniken Erfolgsquoten von über 95 % erreicht werden.

Ultraschall als Orientierungshilfe eignet sich besonders für axilläre Plexusblockaden, da die Nerven oberflächlich verlaufen und daher einfacher zu identifizieren sind. Die geringe Tiefe der Nerven bedeutet, dass die Nadel für den in-plane-Zugang fast exakt senkrecht zur Ultraschallwelle geführt werden kann, wodurch deren Sichtbarkeit und damit auch die Präzision der Nadelpositionierung erhöht werden. Die Einführung von Ultraschall als Orientierungshilfe hat die Erfolgsrate der Blockaden erhöht (Williams et al., 2003; Sites et al., 2006; Chan et al., 2007), die Einleitungsdauer verkürzt (Marhofer et al., 1998; Kapral et al., 2008), vaskuläre Perforationen reduziert (Yuan et al., 2012; Barrington und Kluger, 2013) und eine Reduktion des Volumens des Lokalanästhetikums ermöglicht (Harper et al., 2010).

Der Ellenbogen dient in den meisten Fällen als Übergangspunkt für die meisten auf Blockaden basierenden anästhetischen Verfahren. Im Allgemeinen wird für die distalen Anteile der Hand und des Unterarms eher ein distaler Block wie der axilläre Block verwendet,

während für Operationen an der Schulter oder am Oberarm eher proximale Blockaden wie der supraclaviculäre Block oder der Interscalenusblock oder angewandt werden (Dupre, 1995; Tran et al., 2007).

Die hohen und vergleichbaren Erfolgsraten der verschiedenen Blockadeverfahren führten dazu, dass medizinische Versorgungszentren sich auf ein bestimmtes Verfahren spezialisierten, wie die infraclaviculäre Blockade (Tran et al., 2008), während andere supraclaviculäre (Beach et al., 2006) oder axilläre (Liu et al., 2005) Zugänge bevorzugten.

Um Vorteile von unterschiedlichen Plexusblockaden für den Verlauf von Operationen am Ellenbogen zur Behandlung des Kubitaltunnel-Syndroms bestimmen zu können, wurden in einer retrospektiven Studie ultraschallgesteuerte axilläre, infraclaviculäre und supraclaviculäre Blockade-Techniken miteinander verglichen, doch keine der angewandten Blockaden konnte sich als den anderen überlegen erweisen (Roussel und Thirkannad, 2014).

In einer prospektiven, randomisierten Studie zu ultraschallgesteuerten axillären, infraclaviculären und supraclaviculären Plexusanästhesien konnten keine Unterschiede in der gesamten Anästhesie-Zeit, der Erfolgsrate und im Auftreten von Narkose-bedingten Schmerzen zwischen den Verfahren festgestellt werden (Tran et al., 2009). Jedoch ergab diese Studie, dass axilläre Blockaden mehr Nadelstiche und eine längere Dauer der Anlage benötigten. Dafür resultierten supraclaviculäre Blockaden häufiger als die anderen beiden Verfahren im Horner-Syndrom (Tran et al., 2009).

Im Bereich der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Ulm haben sich insbesondere die axilläre und die supraclaviculäre Blockade etabliert, von denen beide über spezifische Vor- und Nachteile verfügen. Beide Verfahren wurden seit dem Jahr 2004 vielfach mit hoher Erfolgsrate und sehr geringer Zahl an relevanten Nebenwirkungen an der Universitätsklinik Ulm durchgeführt (Gauss et al., 2014). Die Wahl des Narkoseverfahrens für eine Operation an der oberen Extremität oblag bislang dem Anästhesisten, der am Operationstag Dienst hatte, und seinen persönlichen Präferenzen.

1.3 Potenzielle Komplikationen nach Plexus brachialis-Blockaden

Eine der häufigsten Komplikation nach infra- und supraclaviculären Plexusblockaden ist der Pneumothorax. Ohne Ultraschall-Unterstützung liegt die Inzidenz eines durch periclaviculäre Plexusblockaden indizierten Pneumothorax bei 6 %, während sonografisch geführte Plexusblockaden in nur 0,06 % der Fälle zu einem Pneumothorax führten (Gauss et al., 2014).

Der Pneumothorax tritt meist während oder direkt nach der Anästhesie ein und breitet sich viel schneller aus, wenn gleichzeitig eine allgemeine Sedierung mit Lachgas verabreicht wird. In seltenen Fällen tritt der Pneumothorax erst ein paar Tage nach der Plexusblockade auf (Kumari et al., 2011).

Zu den selteneren Komplikationen zählen Hämatome, Nervenschädigungen, Phrenikusparesen und das Horner Syndrom. Eine ein- oder beidseitige Lähmung des Nervus phrenicus wurde vor allem nach supraclaviculären Plexusblockaden berichtet (Erickson et al., 2009; Chaudhuri et al., 2012). Das Auftreten einer Horner Trias wurde nach supraclaviculären Plexusblockaden (Perlas et al., 2009), aber vor allem nach interskalenären Blockaden berichtet (Ekatodramis et al., 2001; Santhosh et al., 2013).

1.4 Erholungsqualität nach operativen Eingriffen

Die Erholung nach einem operativen Eingriff unter Voll- oder Teilnarkose ist ein komplexer Prozess, welcher in unterschiedlicher Weise durch den Patienten selbst, die chirurgische und anästhesiologische Prozedur und durch das Vorhandensein von potenziellen Spätfolgen beeinflusst wird (Stark et al., 2013). Die meisten Studien, welche die Erholung nach einer Operation unter Narkose evaluierten, untersuchten hauptsächlich physiologische Endpunkte, Erholungszeiten und das Auftreten von Prozedur-assoziierten Schäden wie Morbidität und Mortalität. Obwohl diese Parameter wichtig sind und eine die Erholungsqualität objektivieren können, so wird dabei dennoch die subjektive wahrgenommene Qualität der Erholung aus der Perspektive des Patienten vernachlässigt. Aus diesem Grund wurde eine Reihe von Fragebögen entwickelt, die die Erholungsqualität ergründen sollen (Donabedian, 1988; Lee and Lum, 1996; Hogue et al., 2000; Myles et al., 2000a; Myles et al., 2000b; Myles et al., 2000c; Royse et al., 2010).

Der bekannteste und am häufigsten verwendete Fragebogen zur Erfassung der Qualität der Erholung nach einem operativen Eingriff ist ein Messinstrument mit 40 Items, der Quality-of-Recovery-40 (QoR-40) (Myles et al., 2000b; Gornall et al., 2013; Naito et al., 2014; Lee et al., 2014; Karaman et al., 2014). Eine psychometrische Evaluierung des QoR-40 ergab eine ausgezeichnete Validität und Reliabilität (Myles et al., 2000b). Die meisten Patienten sollten in der Lage sein, den Vordruck in weniger als 10 Minuten auszufüllen. Der QoR-40 erhebt fünf Dimensionen der Gesundheit: Schmerzen, Wohlbefinden und Gefühlsregungen, die erfahrene Unterstützung des Patienten und seine physische Unabhängigkeit.

Eine verkürzte Version des QoR-40 zur Erhebung der Erholungsqualität nach Eingriffen unter Narkose ist der QoR-15 (Stark et al., 2013). Dabei wurden aus den ursprünglich 40 Items die 15 wichtigsten Items ausgewählt, um die fünf Konstrukte Schmerzen, Wohlbefinden und Gefühlsregungen, die erfahrene Unterstützung des Patienten und seine physische Unabhängigkeit ausreichend, aber schneller als mit dem QoR-40, erheben zu können. Abbildung 2 zeigt die ausgewählten Items und dazugehörigen Konstrukte im Überblick.

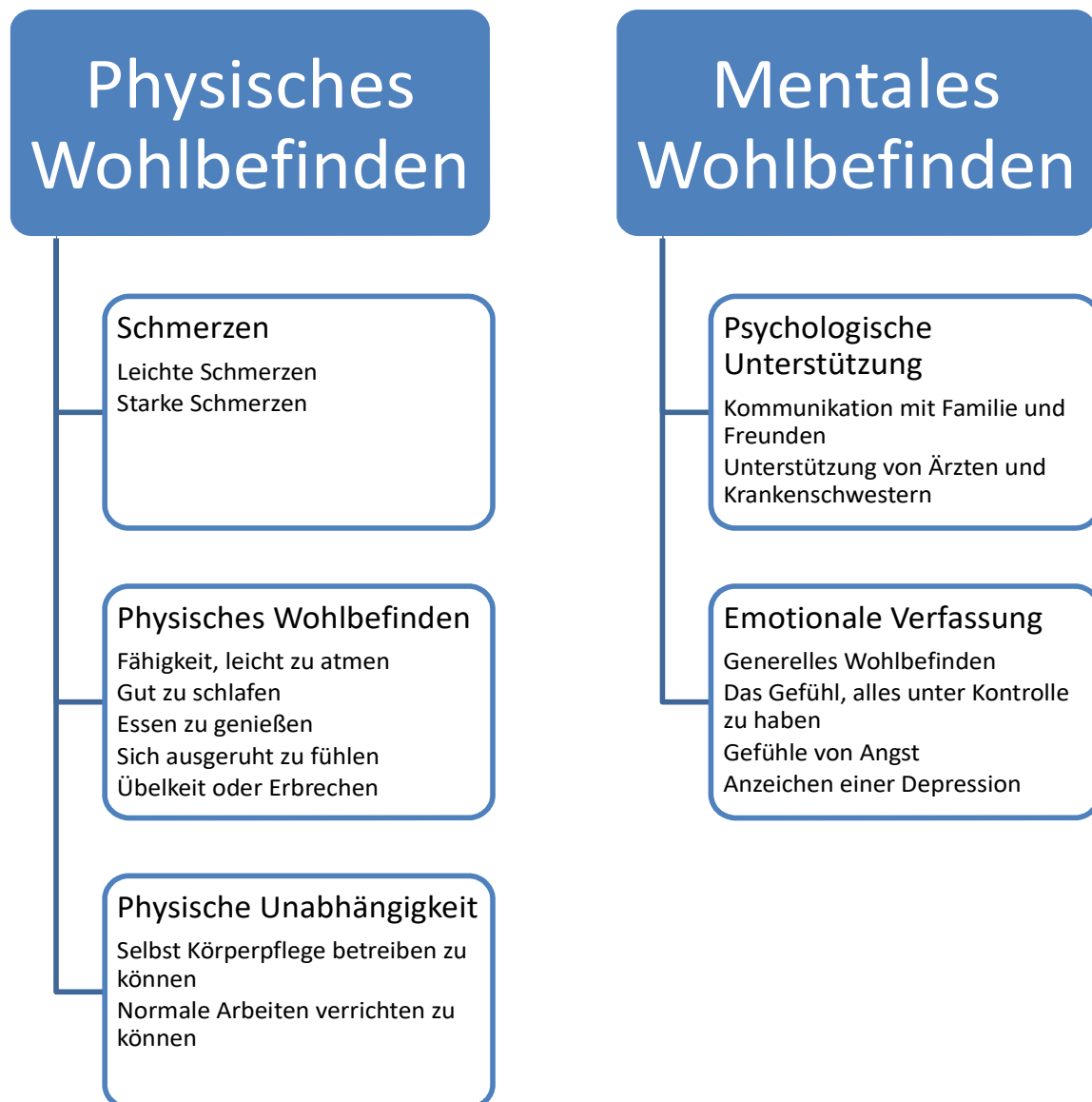


Abbildung 2: Summenskalen (physisches und mentales Wohlbefinden), Dimensionen und Items des QoR-15. Nach (Stark et al., 2013).

1.5 Effizientes OP-Management

Medizinische Versorgungszentren sehen sich einem zunehmenden Kostendruck ausgesetzt, der eine effiziente Leistungserbringung erforderlich macht. Eine zentrale Rolle kommt dabei der Operationsaalverwaltung zu, da die intraoperative Ressourcennutzung einen wesentlichen Kostenfaktor darstellt. Ein erfolgreiches OP-Management besteht im Wesentlichen in einer effizienzorientierten Organisation der Leistungsprozesse und der Etablierung eines suffizienten Berichtswesens. Dafür werden aussagekräftige Prozesskennzahlen benötigt, die auf Basis klar definierter Zeitpunkte erhoben werden müssen (O'Sullivan und Dexter, 2006; O'Sullivan et al., 2007).

In einer gemeinsamen Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten, des Berufsverbandes der Deutschen Chirurgen und des Verbandes für OP-Management wurde ein Glossar perioperativer Prozesszeiten und Kennzahlen erstellt, welches der Komplexität und den gestiegenen Anforderungen in der OP-Organisation Rechnung trägt (Bauer et al., 2008). Dieser Leitfaden bietet eine Grundlage für die einheitliche Definition und Dokumentation von perioperativen Leistungsparametern, aus denen OP-Manager eine geeignete Auswahl für den Einsatz und die Interpretation von Prozesskennzahlen treffen können.

1.6 Problemstellung

Die klinischen Vor- und Nachteile von axillären und supraclaviculären Plexusblockaden sind weitestgehend gut dokumentiert. In Zeiten zunehmenden Kostendrucks in medizinischen Versorgungseinrichtungen ist allerdings eine effiziente ärztliche Leistungserbringung erforderlich. Da bei operativen Eingriffen die intraoperative Ressourcennutzung einen wesentlichen Kostenfaktor darstellt, ist es notwendig, die Dauer von unterschiedlichen Prozessen zu erfassen, zu dokumentieren und miteinander zu vergleichen (Bauer et al., 2008). Bisher beruhte die Entscheidung für das eine oder das andere Plexusanästhesie-Verfahren auf persönlichen Präferenzen des behandelnden Anästhesisten. Im Sinne einer effizienten Ressourcennutzung wäre es allerdings indiziert, jenes Verfahren anzuwenden, das bei gleicher Risikobelastung des Patienten einen zeitlich geringeren Aufwand darstellt. Gleichermäßen ist die Zufriedenheit des Patienten nach dem Eingriff ein wichtiger Faktor dafür, ein Verfahren dem anderen vorzuziehen.

1.7 Ziel der Studie

Der Zweck der vorliegenden Studie war ein Vergleich der Prozesszeiten, insbesondere der Anschlagszeit der Blockade und der postoperativen Aufenthaltsdauer des Patienten, von ultraschallgesteuerten axillären (AP) und supraclaviculären (SCP) Plexusblockaden mit dem Ziel einer zeitlichen Optimierung von regional-anästhetischen Verfahrensabläufen. Ein weiteres Anliegen war die Ermittlung der postoperativen Erholungsqualität der Patienten in Abhängigkeit von der gewählten lokalanästhetischen Prozedur. Als drittes Ziel wurde die Ermittlung des Einflusses von diversen Prozesszeiten auf die Dimensionen der postoperativen Erholung in Abhängigkeit vom Blockadeverfahren definiert.

2 Material und Methoden

2.1 Fallzahlplanung

Die primäre Zielgröße war die Dauer des anästhesiologischen Vorlaufs, also vom Beginn der Anästhesie bis zu deren Freigabe. Die statistische Nullhypothese lautete: Die Prozesszeiten der beiden Blockadeverfahren unterscheiden sich nicht.

Die Literaturrecherche ergab, dass bei einer supraclaviculären Blockade von einer Prozesszeit K4 von 39 Minuten ausgegangen werden konnte (Tran et al., 2009). Ein mittlerer Unterschied von 5 Minuten zwischen supraclaviculärer und axillärer Blockade hinsichtlich der Prozesszeit K4 konnte aus medizinischer Sicht als relevant erachtet werden, sodass für die Fallzahlabstimmung von mittleren Prozesszeiten zwischen 39 und 44 Minuten ausgegangen wurde. Bei einer Standardabweichung von 10 Minuten bei beiden Verfahren ergab sich auf Basis eines t-Tests bei einer Power von 80 % und einem Signifikanzniveau α von 5 % eine Fallzahl von 64 Patienten pro Gruppe. Da eine leicht schiefe Verteilung zu erwarten war, war es geplant, einen parameterfreien Wilcoxon-Rangsummentest zur Überprüfung der Signifikanz der Übereinstimmung der beiden Verteilungen (AP versus SCP) durchzuführen. Um für den Fall einzelner Drop-outs und um den Verlust an statistischer Power durch die Anwendung des nicht-parametrischen Wilcoxon-Rangsummentests zu korrigieren, wurde die auf Basis des t-Tests berechnete Fallzahl auf 70 Patienten pro Gruppe erhöht.

2.2 Patientenrekrutierung

Diese Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Ulm als unbedenklich befunden und daher bewilligt (Aktenzeichen:310/13 – Fa/se). Als Patientenkollektiv wurden alle jene volljährigen Patienten erachtet, welche eine OP im Bereich des Ellenbogens, des Unterarms oder der Hand unter geplanter Regionalanästhesie erwarteten und die Einwilligungserklärung unterzeichnet hatten. Weitere Einschlusskriterien waren ein ASA (American Society of Anesthesiologists) Status I–III und ein Body Mass Index (BMI) zwischen 20 und 35 kg/m². Folgende Ausschlusskriterien wurden im Vorfeld definiert: Allergie auf Lokalanästhetika, vorbestehende Phrenikusparese, Narben an der Einstichstelle, vorbestehende Nervenschäden, Schwangerschaft und Stillzeit. 140 konsekutiv operierte Patienten, welche die Einschlusskriterien erfüllten, wurden prospektiv in die Studie aufgenommen und folgender präoperativer Untersuchung unterzogen: Nach einer Überprüfung der beidseitigen

Zwerchfellbeweglichkeit und der Schulter-Arm-Beweglichkeit wurde eine Messung der Lungenfunktion und der peripheren Sauerstoffsättigung am Finger (SaO₂) durchgeführt.

2.3 Gruppenzuteilung

Die Zuteilung zu den beiden Studienbehandlungen axilläre beziehungsweise supraclaviculäre Blockade erfolgt zufällig mittels blickdicht verschlossener Randomisierungs-Umschläge, die auf Basis des Verfahrens „permutierte Blockrandomisierung“ durch das Institut für Epidemiologie und Medizinische Biometrie der Universität Ulm mit dem Randomisationsprogramm ROM erstellt wurden. Die beiden Anästhesieverfahren wurden im Verhältnis 1:1 randomisiert. Nach schriftlicher Einwilligung in die Studie wurde der Randomisations-Umschlag mit jeweils aufsteigender Patientenummer vom verantwortlichen Anästhesisten geöffnet und das zufällig zugeteilte Blockadeverfahren angewendet.

2.4 Operative Prozedur

Vor der Blockade wurde eine sonografische Vermessung der Querschnittsfläche des Nervus medianus durchgeführt. Alle Patienten erhielten 35 ml einprozentige Mepivacainlösung für die axilläre beziehungsweise supraclaviculäre Blockade. Die ultraschallgeführte Punktion erfolgte unter sterilen Bedingungen und in der Schallebene (in-plane). Nach der Punktion wurde, im Falle einer axillären Blockade zur Kontrolle wieder eine sonografische Vermessung der Querschnittsfläche des Nervus medianus durchgeführt. Im Falle einer supraclaviculären Blockade wurde das gesamte Faszikel vermessen. Es folgten der operative Eingriff und danach die postoperative Überwachung. Alle Prozesszeiten wurden dokumentiert.

2.4.1 Durchführung axilläre Plexusblockade

Der Arm des flach am Rücken ruhenden Patienten wurde in der Schulter und im Ellbogengelenk um 90° gebeugt, sodass die Hand neben dem Kopf zum Liegen kam. Die Punktionsstelle befand sich oberhalb der Arteria axillaris. Nach örtlicher Betäubung erfolgte ein vollständiges Vorschieben der Kanüle bis zum Zielgebiet. Nach eindeutiger Reizantwort bei entsprechender Reizstärke und Impulsdauer der Stimuluskanüle wurde unter wiederholter Aspiration des Lokalanästhetikums appliziert.

2.4.2 Durchführung supraclaviculäre Plexusblockade

Zur Vorbereitung wurde der Patient flach auf dem Rücken liegend positioniert, der Kopf zur kontralateralen Seite gedreht, und der ipsilaterale Arm parallel zur Körperachse gelegt. Nach örtlicher Betäubung erfolgte die ultraschallgesteuerte Punktion circa 1 cm oberhalb des Schlüsselbeinrandes und circa 1,5-2 cm lateral des Musculus sternocleidomastoideus genau senkrecht zur Haut in Richtung auf die erste Rippe. Die Punktionsstelle lag also circa 1-3 cm distal der interskalenären Blockade. Der Plexus brachialis wurde rein sonographisch identifiziert. Nach negativem Aspirationstest wurde langsam das Lokalanästhetikum injiziert.

2.5 Postoperative Untersuchung

Nach erfolgtem Eingriff wurden die beidseitige Zwerchfellbeweglichkeit und die Schulter-Arm-Beweglichkeit überprüft, ein Pneumothorax ausgeschlossen und eine Messung der Lungenfunktion und der peripheren Sauerstoffsättigung am Finger (SaO₂) durchgeführt. Dann wurde den Patienten der QoR-15-Fragebogen ausgeteilt.

2.6 Erfassung von perioperativen Prozesszeiten

Gemäß den Richtlinien der Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten, des Berufsverbandes der Deutschen Chirurgen und des Verbandes für OP-Management (Bauer et al., 2008) wurden die folgenden Kennzahlen des perioperativen Versorgungsprozesses erhoben:

Tabelle 1: Glossar perioperativer Prozesszeiten und Kennzahlen

Kennzahl	Prozess	Definition
K2	Anästhesie-Einleitungsdauer	Beginn Anästhesie bis Freigabe Anästhesie
K3	Ausleitungsdauer	Ende nachbereitender operativer Maßnahmen bis Ende Anästhesie
K4	Anästhesiologischer Vorlauf	Beginn Präsenz Anästhesie-Arzt bis Freigabe Anästhesie
K5	Anästhesiologischer Nachlauf	Ende nachbereitender operativer Maßnahmen bis Ende Präsenz Anästhesie-Arzt
K7	Operativer Vorlauf	Freigabe Anästhesie bis Schnitt
K8	Schnitt-Naht-Zeit	Schnitt bis Naht (reine OP-Zeit)
K10	Perioperative Zeit	Freigabe Anästhesie bis Ende nachbereitender operativer Maßnahmen
K13	Reine Anästhesiezeit	Beginn Anästhesie bis Ende Anästhesie
K14	Anästhesiologiezeit	Ende Einschleusen bis Ende Präsenz Anästhesie-Arzt + Rüstzeiten
K15	Wechselzeit (Chirurgische Pause)	Ende nachbereitender operativer Maßnahmen des vorangehenden Patientenfalles bis Freigabe Anästhesie des nachfolgenden Patientenfalles
K16	Naht-Schnitt-Zeit	Naht des vorangehenden Patientenfalles bis Schnitt des nachfolgenden Patientenfalles
K17	Säulenzeit	Patient im OP bis Patient aus OP

2.7 QoR-15

Alle 140 Studienteilnehmer wurden gebeten, eine deutsche Version des QoR-15-Fragebogens zur postoperativen Erholungsqualität auszufüllen (siehe Kapitel 7; ; ab Seite 46). Die QoR-15-Gesamtpunktzahlen wurden als Summe der Werte aller 15 Items berechnet. Die einzelnen Konstrukte wurden als Summe der entsprechenden Items gebildet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Berechnung der Konstrukte des QoR-15

Konstrukt	Summierte Items des QoR-15
Schmerzen	<ul style="list-style-type: none"> • Mäßige Schmerzen • Starke Schmerzen
Physisches Wohlbefinden	<ul style="list-style-type: none"> • Ich konnte problemlos durchatmen. • Ich konnte das Essen genießen. • Ich fühle mich ausgeruht. • Ich habe gut geschlafen. • Übelkeit oder Erbrechen
Physische Unabhängigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Ich konnte ohne Hilfe auf die Toilette gehen und meine Körperpflege selbst (ohne Hilfe) erledigen. • Ich war in der Lage, die häuslichen Aufgaben wieder zu verrichten.
Psychologische Unterstützung	<ul style="list-style-type: none"> • Ich war in der Lage, mit meinen Angehörigen oder Freunden zu sprechen. • Andere haben mir geholfen (besonders Ärzte und Schwestern).
Emotionale Verfassung	<ul style="list-style-type: none"> • Ich fühlte mich wohl und war wach. • Ich habe mich insgesamt gut gefühlt. • Besorgnis- oder Angstgefühl • Traurigkeit oder Niedergeschlagenheit

2.8 Statistik

Die Berechnung der benötigten Patienten pro Untersuchungsgruppe bei gegebenem Signifikanzniveau erfolgte mit der Software nQuery Advisor (Statistical Solutions). Zur Überprüfung der Signifikanz der Übereinstimmung von je zwei unabhängigen Verteilungen wurden Wilcoxon-Rangsummentests verwendet (zum Beispiel für den Vergleich der reinen Anästhesiezeit zwischen AP und SCP). Da kein einziger statistischer Vergleich der in der Forschungsfrage definierten Variablen einen p-Wert kleiner als 0,05 lieferte, also kein einziger Unterschied als statistisch signifikant erachtet werden konnte, wurde auf eine Korrektur für multiples Testen verzichtet. Die statistischen Analysen wurden mit IBM SPSS Statistics (Version 22) durchgeführt. Als Lage- und Streuungsmaße wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Um einen Eindruck darüber zu vermitteln, in welchem Bereich die Daten lagen und wie sie sich über diesen Bereich verteilten, wurden zusätzlich

Kastenschaudiagramme erstellt. Als Maß für den Grad des linearen Zusammenhangs zwischen metrischen Variablen wie Prozesszeiten wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet. Um die Richtung und Stärke des Zusammenhangs zwischen ordinalen Variablen, also z. B. den Likert-skalierten Fragebogenitems zu eruieren, wurden Spearman-Rangkorrelationsanalysen durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Demografische Daten

Tabelle 3: Demografische Daten, 140 Patienten mit axillärer und supraclaviculärer Plexusblockade im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2012-02/2012

		Axilläre Plexusblockade	Supraclaviculäre Plexusblockade	p-Wert
Anzahl (n)		70	70	
Männer (n)		42	37	0,394
Alter (Jahre)		43 ± 15	46 ± 17	0,270
Größe (cm)		172 ± 9	172 ± 9	0,969
Gewicht (kg)		79 ± 17	77 ± 16	0,453
ASA	I	48	31	0,007
	II	11	26	
	III	11	13	
Operation	Aponeurektomie	3	3	0,182
	Arthrodese	7	2	
	Arthroskopie	4	7	
	Bandnaht	9	5	
	Denervation	3	8	
	Exzision	12	11	
	Metallentfernung	13	11	
	Osteosynthese	13	8	
	Retinakulumspaltung	2	8	
	Ringbandspaltung	3	3	
	Trapezektomie	1	4	

In dieser Studie wurden 70 Patienten mit einer axillären und 70 Patienten mit einer supraclaviculären Plexusblockade anästhesiert. Der Anteil an Männern war in beiden Gruppen gleich (Tabelle 3). Die Gruppen zeigten keine Unterschiede in der Altersverteilung, in der Körpergrößenverteilung und in der Gewichtsverteilung (Tabelle 3). Auch die Art und Anzahl an diversen operativen Eingriffen war in beiden Anästhesiegruppen gleich. Allein in der ASA-Klassifikation der Patienten unterschieden sich die Gruppen, da die AP-Gruppe einen signifikant geringeren Anteil an Klasse II und Klasse III Patienten im Vergleich zur SCP-Gruppe aufwies ($p = 0,007$).

3.2 Vergleich der Prozesszeiten zwischen AP und SCP

3.2.1 Übersichtsstatistik

Tabelle 4: Prozesszeiten in Minuten, 140 Patienten mit axillärer und supraclaviculärer Plexusblockade im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2012-02/2012

	Axilläre Plexusblockade	Supraclaviculäre Plexusblockade	p-Wert
	MW ± STABW	MW ± STABW	
Einleitung (K2)	12,4 ± 4,3	13,0 ± 3,4	0,119
Ausleitungsdauer (K3)	1,9 ± 2,2	2,1 ± 2,3	0,525
Anästhesiologischer Vorlauf (K4)	22,0 ± 7,1	22,1 ± 9,5	0,525
Anästhesiologischer Nachlauf (K5)	4,9 ± 2,9	5,8 ± 3,3	0,148
Operativer Vorlauf (K7)	25,4 ± 12,2	29,0 ± 13,4	0,054
Schnitt-Naht-Zeit (K8)	25,6 ± 12,1	28,0 ± 15,0	0,525
Perioperative Zeit (K10)	54,5 ± 16,2	60,0 ± 20,7	0,170
Reine Anästhesiezeit (K13)	68,8 ± 16,1	74,9 ± 20,9	0,115
Anästhesiologiezeit (K14)	81,4 ± 17,8	87,9 ± 22,4	0,115
Wechselzeit (K15)	-3,2 ± 14,2	-5,1 ± 15,0	0,253
Naht-Schnitt-Zeit (K16)	27,5 ± 8,7	28,11 ± 7,3	0,151
Säulenzeit (K17)	81,43 ± 17,8	87,91 ± 22,4	0,115
Postoperative Überwachung	76,1 ± 21,5	73,9 ± 19,5	0,717

Die mittleren Prozesszeiten (MW) und die dazugehörigen Standardabweichungen (STABW) der beiden regionalanästhetischen Verfahren axilläre und supraclaviculäre Plexusblockade wurden in Tabelle 4 zusammengefasst. Zur Ermittlung der Signifikanz des Unterschiedes wurde ein Wilcoxon-Rangsummentest verwendet. Die p-Werte für die paarweisen Vergleiche sind ebenfalls in Tabelle 4 ersichtlich. Kein einziger Vergleich erreichte das Signifikanzniveau von 5 % ($p < 0,05$). Aus diesem Grund wurde auch auf eine Korrektur für multiples Testen verzichtet.

Da die Lageparameter Mittelwert und Standardabweichung keine Auskunft über die Verteilung geben, wurden die Prozesszeiten auch grafisch mittels Kastenschaudiagrammen miteinander verglichen.

3.2.2 Einleitungsdauer (K2)

Die Einleitungsdauer ist definiert als der Zeitraum vom Beginn der Anästhesie bis zur Freigabe der Anästhesie und ist eine Komponente des anästhesiologischen Vorlaufs (K4) (Bauer et al., 2008). Im Durchschnitt dauerte die Einleitung bei der axillären Plexusblockade $12,4 \pm 4,3$ Min., die supraclaviculäre Plexusblockade $13,0 \pm 3,4$ Min. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,119$).

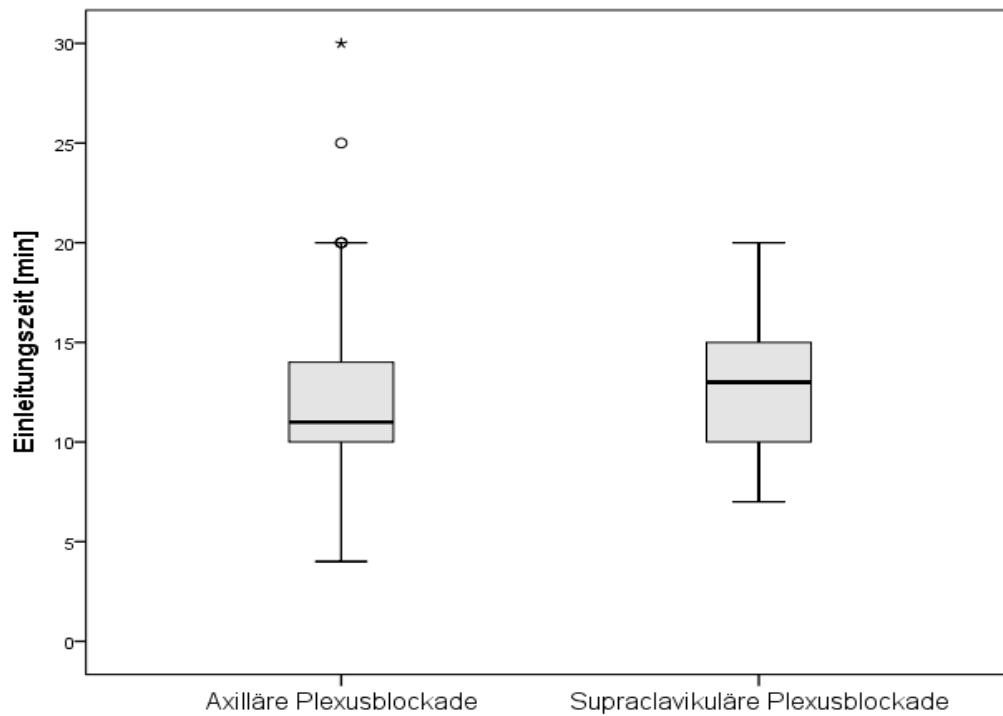


Abbildung 3: Vergleich der Einleitungszeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

3.2.3 Ausleitungsdauer (K3)

Die Ausleitungsdauer ist definiert als der Zeitraum vom Ende nachbereitender operativer Maßnahmen bis zum Ende der Anästhesie (Bauer et al., 2008). Im Durchschnitt dauerte die Ausleitung bei der axillären Plexusblockade $1,9 \pm 2,2$ Min., die supraclaviculäre Plexusblockade $2,1 \pm 2,3$ Min. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,525$).

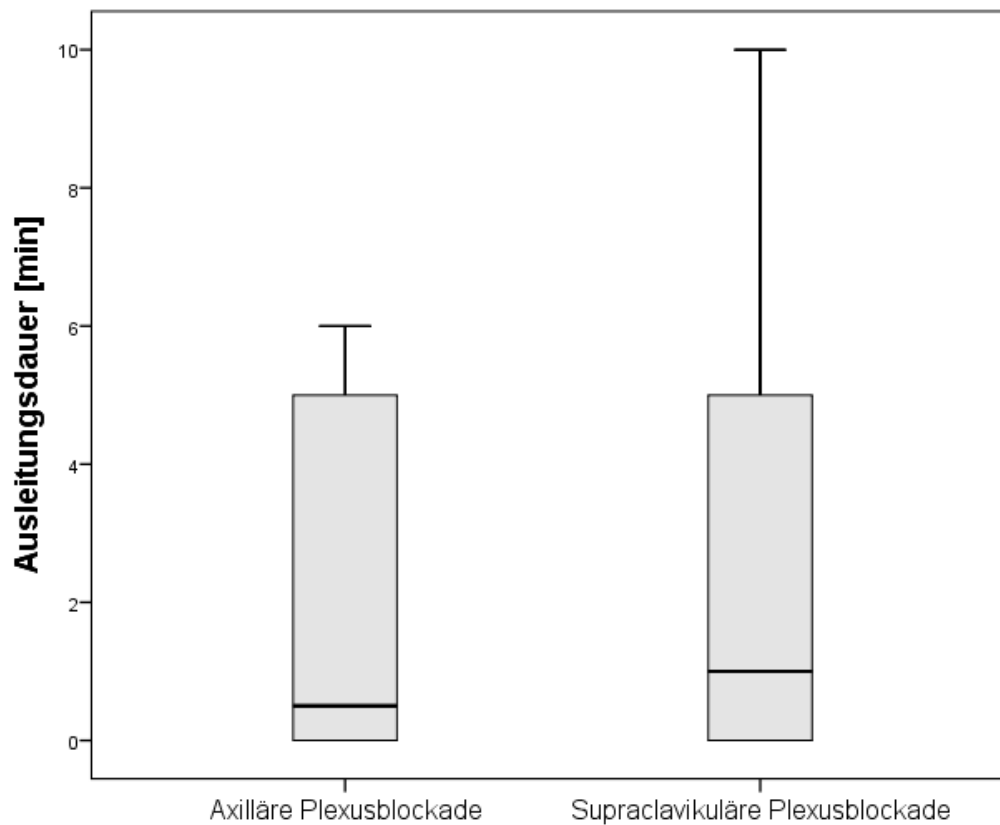


Abbildung 4: Vergleich der Ausleitungsdauer zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm,

11/2013-02/2014

3.2.4 Anästhesiologischer Vorlauf (K4)

Der anästhesiologische Vorlauf ist definiert als die Zeitdauer vom Beginn der Präsenz des Anästhesisten bis zur Freigabe der Anästhesie (Bauer et al., 2008). Die Dauer des anästhesiologischen Vorlaufs betrug durchschnittlich $22,0 \pm 7,1$ Min. bei der axillären Plexusblockade, und durchschnittlich $22,1 \pm 9,5$ Min. bei der supraclaviculären Plexusblockade. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,525$).

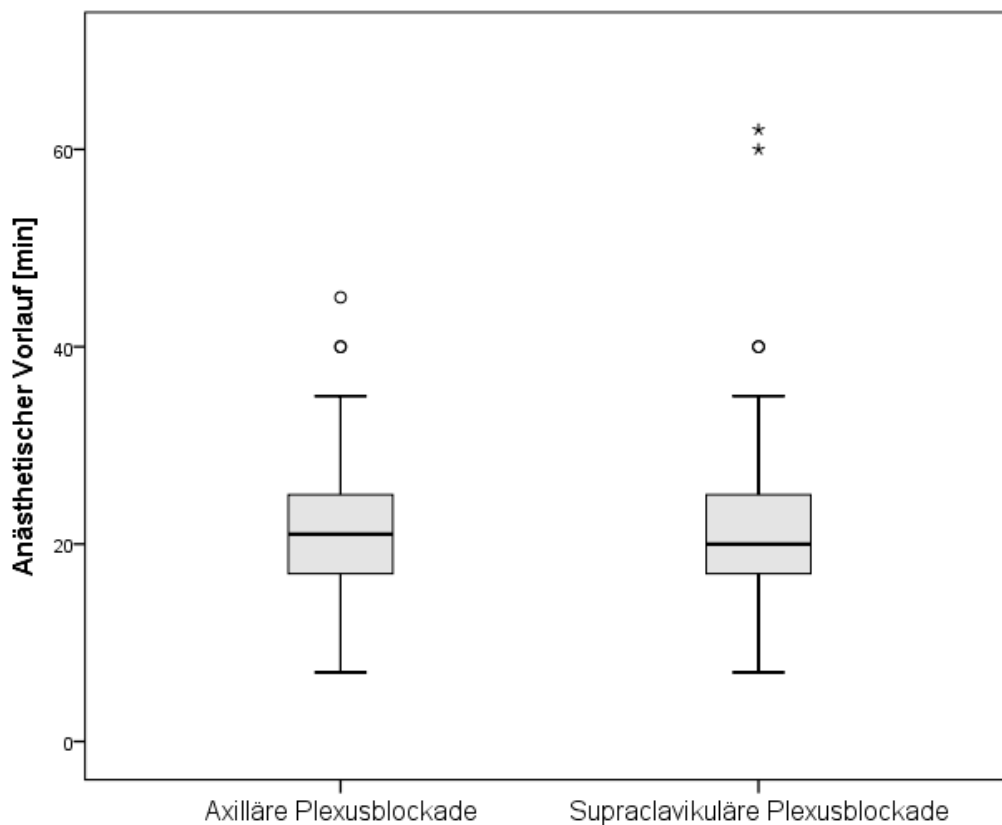


Abbildung 5: Vergleich des anästhesiologischen Vorlaufs zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

3.2.5 Anästhesiologischer Nachlauf (K5)

Der anästhesiologische Nachlauf ist definiert als die Zeitdauer vom Ende nachbereitender operativer Maßnahmen bis zum Ende der Präsenz des Anästhesisten (Bauer et al., 2008). Die Dauer des anästhesiologischen Nachlaufs betrug durchschnittlich $4,9 \pm 2,9$ Min. bei der axillären Plexusblockade, und durchschnittlich $5,8 \pm 3,3$ Min. bei der supraclaviculären Plexusblockade. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,148$).

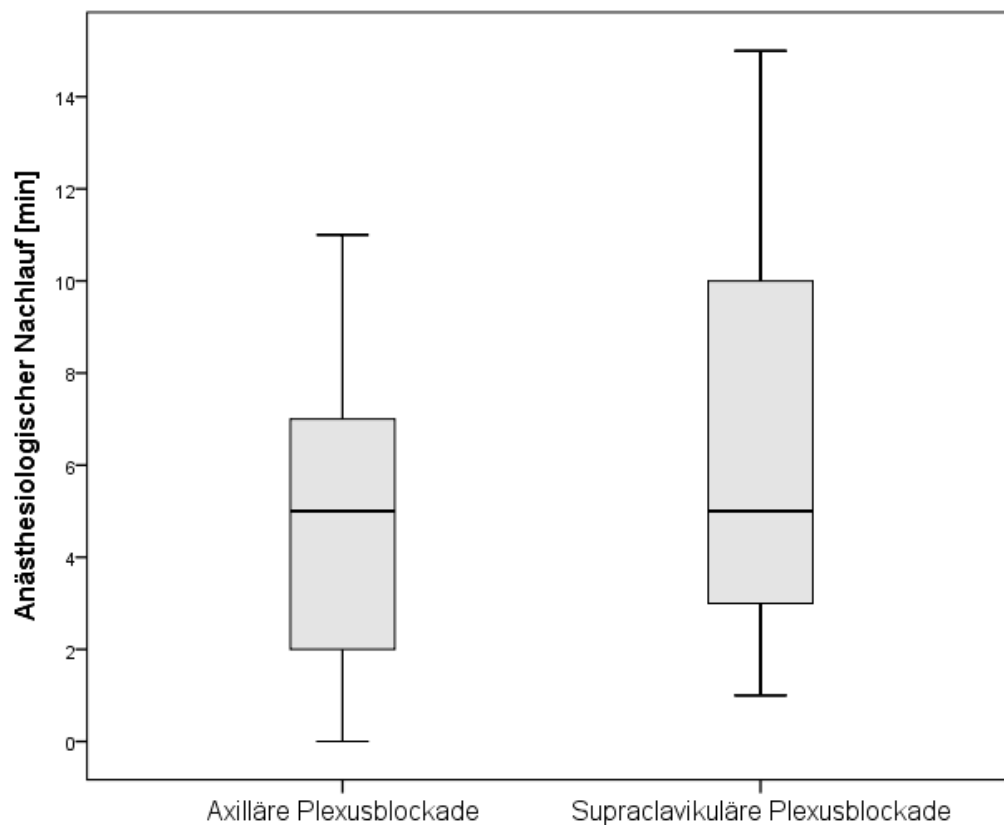


Abbildung 6: Vergleich des anästhesiologischen Nachlaufs zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

3.2.6 Operativer Vorlauf (K7)

Der operative Vorlauf ist definiert als der Zeitraum von der Freigabe der Anästhesie bis zum Schnitt und ist eine Komponente der Kennzahl „perioperative Zeit“ (K10) (Bauer et al., 2008). Bei der axillären Plexusanästhesie dauerte der operative Vorlauf im Durchschnitt $25,4 \pm 12,2$ Min., bei der supraclaviculären Plexusanästhesie war der operative Vorlauf im Durchschnitt $29,0 \pm 13,4$ Min. Der Unterschied war knapp nicht signifikant ($p = 0,054$).

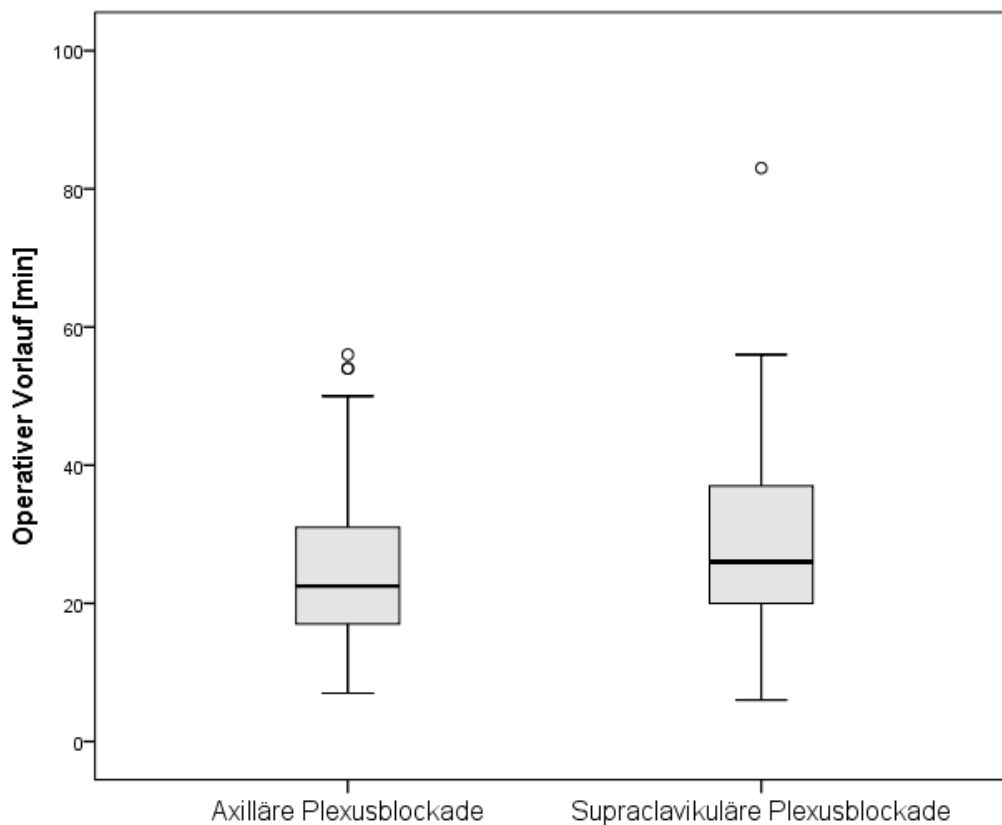


Abbildung 7: Vergleich des operativen Vorlaufs zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

3.2.7 Schnitt-Naht-Zeit (K8)

Die Schnitt-Naht-Zeit, auch reine OP-Zeit genannt, ist definiert als die Zeit vom Schnitt bis zur Naht (Bauer et al., 2008). Die reine OP-Zeit betrug im Durchschnitt $25,6 \pm 12,1$ Min. in der Gruppe der axillären Plexusblockaden und $28,0 \pm 15,0$ Min. bei den supraclavikulären Plexusblockaden. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,525$).

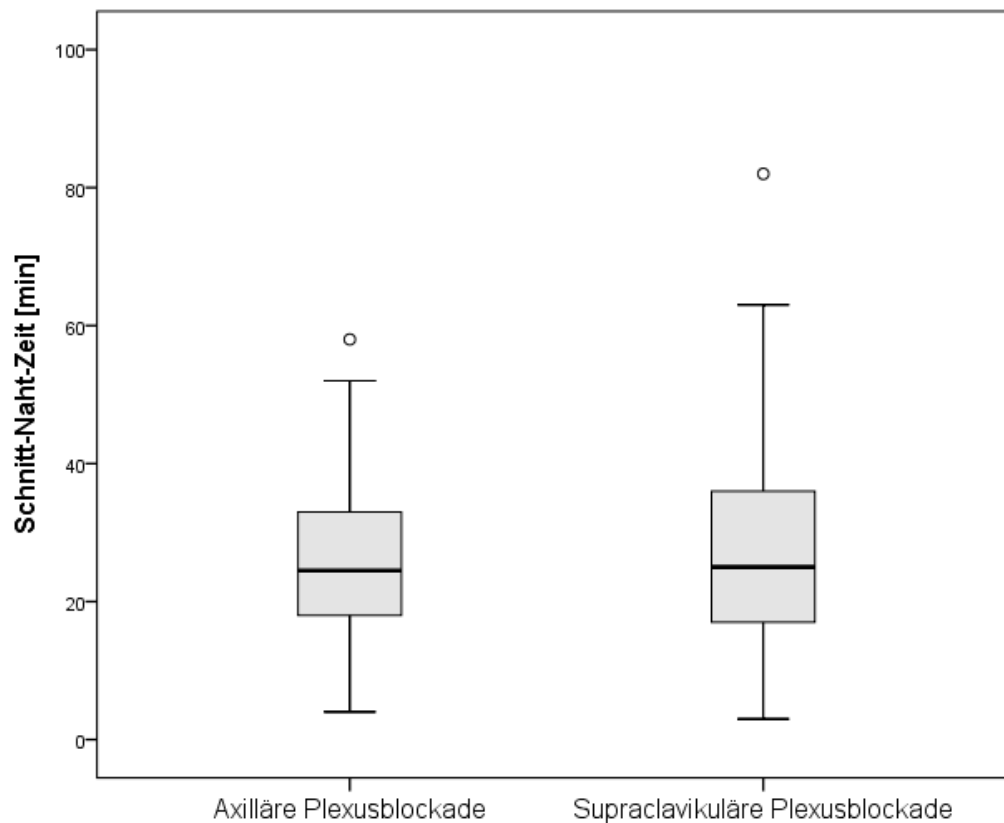


Abbildung 8: Vergleich der Schnitt-Naht-Zeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm,

11/2013-02/2014

3.2.8 Perioperative Zeit (K10)

Die perioperative Zeit, auch operative Wertschöpfungszeit genannt, ist definiert als die Zeit von der Freigabe der Anästhesie bis zum Ende nachbereitender operativer Maßnahmen (Bauer et al., 2008). Die perioperative Zeit betrug im Durchschnitt $54,5 \pm 16,2$ Min. unter axillärer Plexusblockade und $60,0 \pm 20,7$ Min. unter supraclaviculärer Plexusblockade. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,170$).

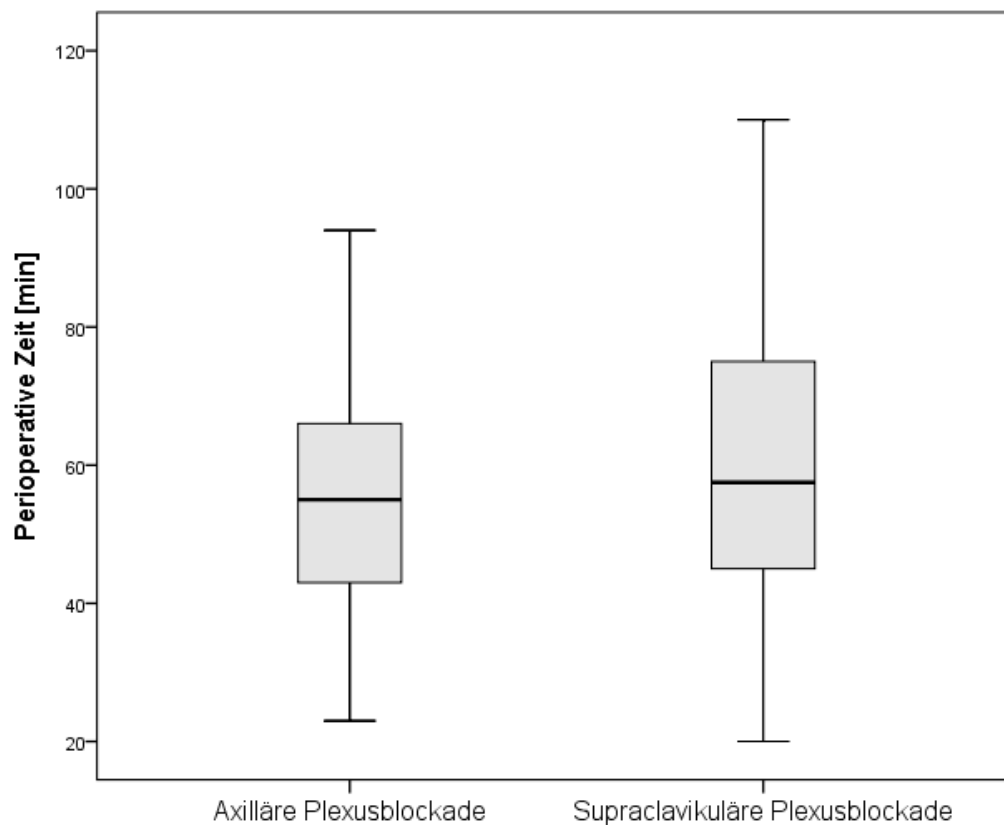


Abbildung 9: Vergleich der perioperativen Zeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm,

11/2013-02/2014

3.2.9 Reine Anästhesiezeit (K13)

Die reine Anästhesiezeit ist definiert als der Zeitraum vom Beginn der Anästhesie bis zum Ende der Anästhesie (Bauer et al., 2008). Bei der axillären Plexusanästhesie betrug die reine Anästhesiezeit im Durchschnitt $68,8 \pm 16,1$ Min., bei der supraclaviculären Plexusanästhesie währte der operative Vorlauf im Durchschnitt $74,9 \pm 20,9$ Min. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,115$).

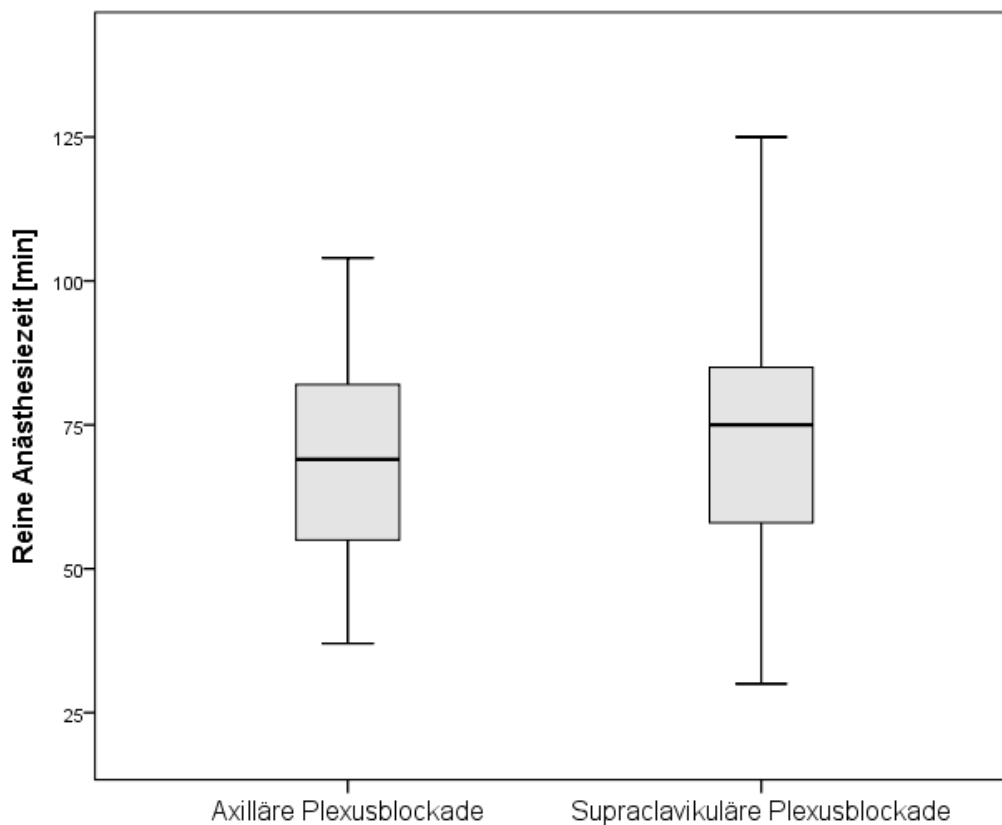


Abbildung 10: Vergleich der reinen Anästhesiezeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

3.2.10 Anästhesiologiezeit (K14)

Die Anästhesiologiezeit ist definiert als der Zeitraum vom Ende des Einschleusens (P4) bis zum Ende der Präsenz des Anästhesisten plus dessen Rüstzeiten. Die Anästhesiologiezeit stellt eine maßgebliche Bezugsgröße für die fallbezogene Kostenverteilung in der Anästhesie dar (Bauer et al., 2008). Die Rüstzeit für die Vor- und Nachbereitung einer Narkose umfasst folgende Tätigkeiten: Aufklärung und Prämedikation durch den Anästhesie-Arzt; Umkleiden, Händedesinfektion; postoperative Patientenversorgung im Aufwachraum; postoperative Anästhesievisite durch den Anästhesie-Arzt; Dokumentation. Die Anästhesiologiezeit betrug im Durchschnitt $81,4 \pm 17,8$ Min. in der Gruppe der axillären Plexusblockaden und $87,9 \pm 22,4$ Min. bei den supraclaviculären Plexusblockaden. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,115$).

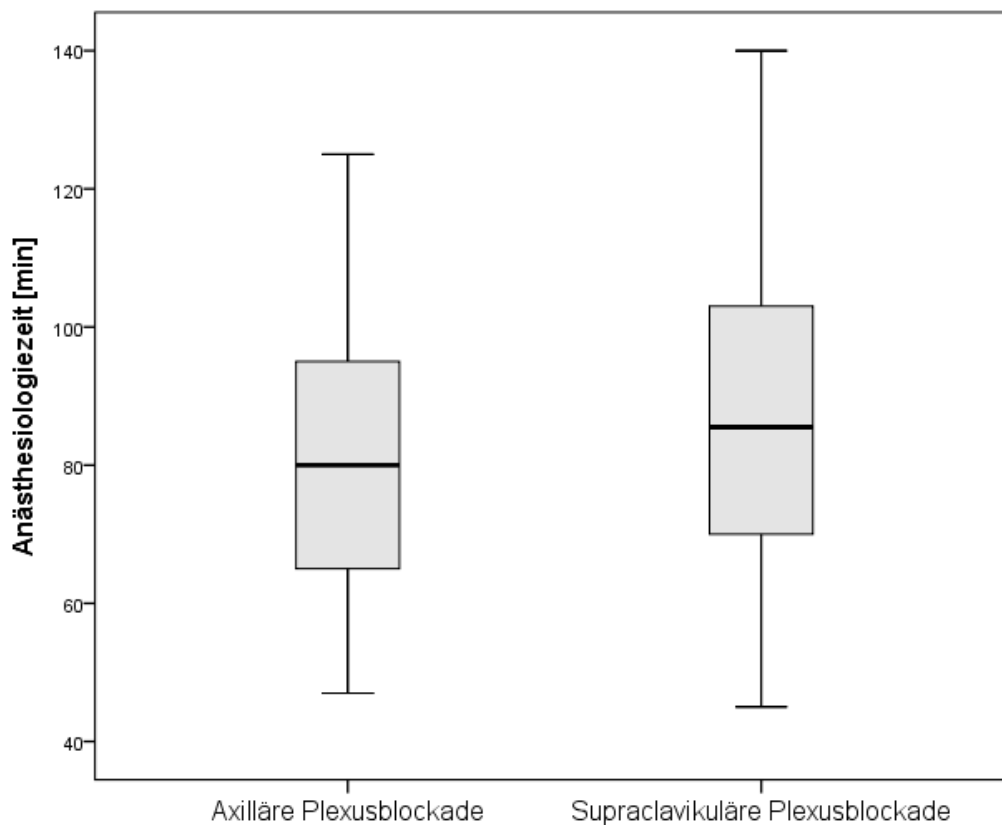


Abbildung 11: Vergleich der Anästhesiologiezeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm,

11/2013-02/2014

3.2.11 Wechselzeit (K15)

Die Wechselzeit, auch chirurgische Pause genannt, läuft vom Ende nachbereitender operativer Maßnahmen des vorangehenden Patientenfalles bis zur Freigabe der Anästhesie des nachfolgenden Patientenfalles. Diese Kennzahl wird von der Anästhesie und der Infrastruktur beeinflusst, jedoch nicht von operativ verantworteten Prozesszeiten und ist daher sinnvoller als die Naht-Schnitt-Zeit. Für Prozessanalysen dürfen nur Wechsel konsekutiver Fälle, ohne geplante oder ungeplante Pausen am Ende des vorhergehenden Falles und/oder am Beginn des folgenden Falles, berücksichtigt werden. Diese Kennzahl erlaubt keine Rückschlüsse auf vermeidbare Wartezeiten (Bauer et al., 2008). In dieser Studie wurden keine Unterschiede in der Wechselzeit zwischen axillären ($-3,2 \pm 14,2$ Min.) und supraclaviculären ($-5,1 \pm 15,0$ Min.) Plexusanästhesien gefunden ($p = 0,253$).

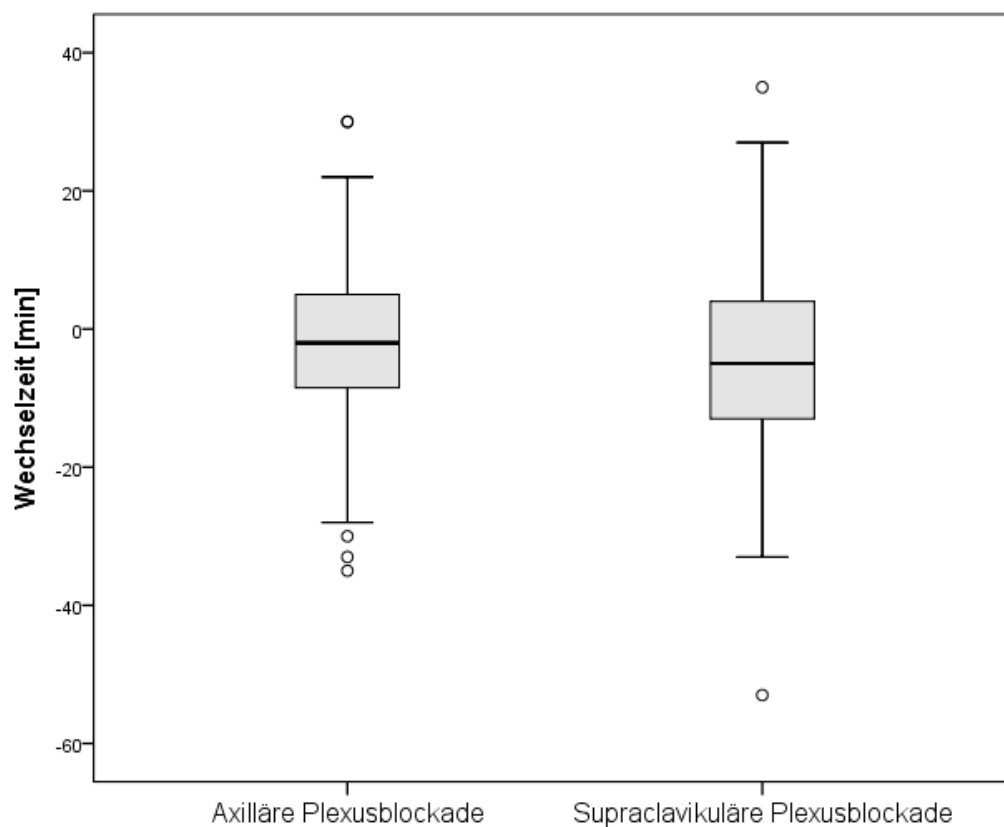


Abbildung 12: Vergleich der Wechselzeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm,

11/2013-02/2014

3.2.12 Naht-Schnitt-Zeit (K16)

Die Naht-Schnitt-Zeit ist definiert als die Zeit zwischen der Naht des vorangehenden Patientenfalles bis zum Schnitt des nachfolgenden Patientenfalles. Diese Kennzahl wird vom Operateur, der Anästhesie und der Infrastruktur beeinflusst und ist daher für Prozessanalysen wenig hilfreich, da sie kaum Rückschlüsse auf vermeidbare Wartezeiten erlaubt (Bauer et al., 2008). Charakteristisch ist daher auch die große Streuung in den Daten, wie in Abbildung 13 ersichtlich ist. Zwischen axillären ($27,5 \pm 8,7$ Min.) und supraclaviculären ($28,11 \pm 7,3$ Min.) Plexusblockaden gab es keinen zeitlichen Unterschied in der Naht-Schnitt-Zeit ($p = 0,151$).

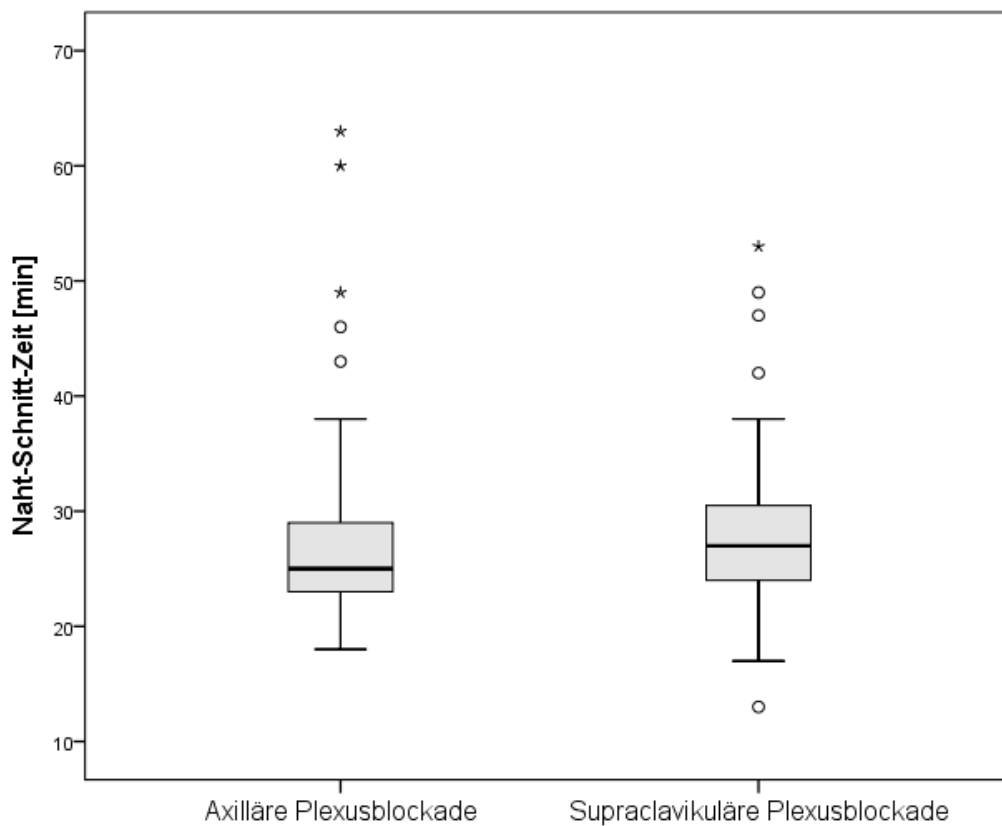


Abbildung 13: Vergleich der Naht-Schnitt-Zeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm,

11/2013-02/2014

3.2.13 Säulenzeit (K17)

Die Säulenzeit beschreibt die physikalische Belegung des OPs (Bauer et al., 2008). Diese unterschied sich nicht zwischen axillärer ($81,43 \pm 17,8$ Min.) und supraclaviculärer ($87,91 \pm 22,4$ Min.) Plexusblockade ($p = 0,115$).

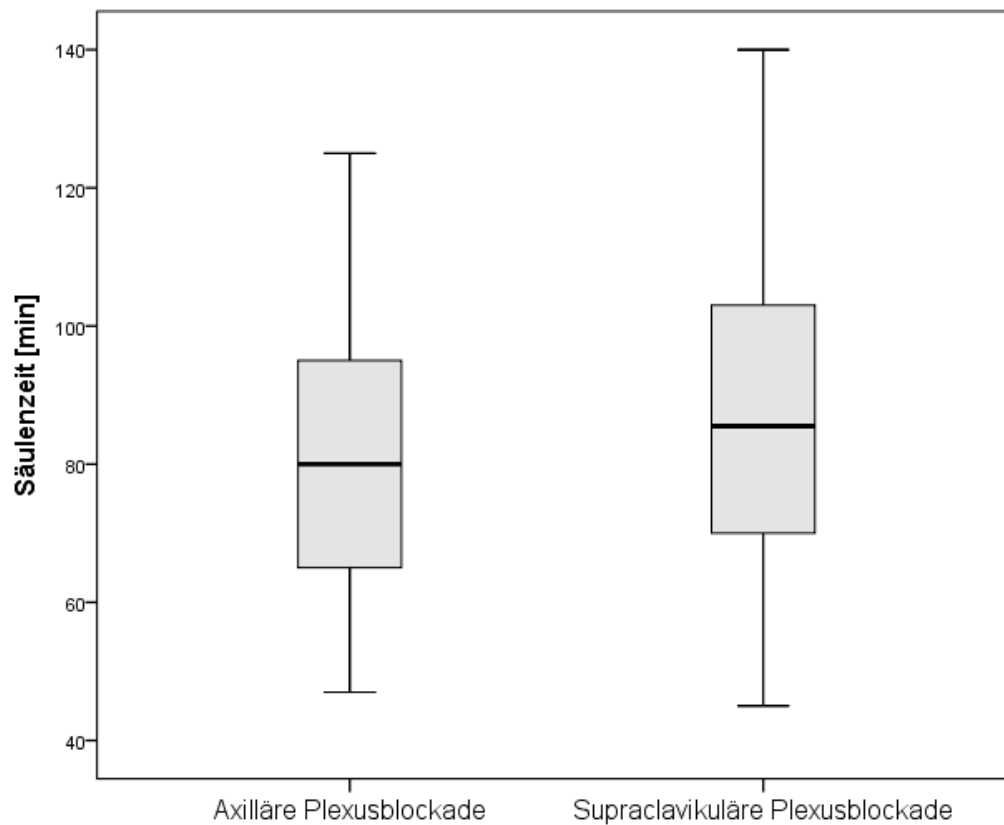


Abbildung 14: Vergleich der Säulenzeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

3.2.14 Postoperative Überwachung

Die postoperative Überwachung umfasst den Zeitraum von Ende der Operation bis zur Übergabe an die Bettenstation. Die postoperative Überwachungsdauer nahm durchschnittlich $76,1 \pm 21,5$ Min. bei der axillären Plexusblockade und durchschnittlich $73,9 \pm 19,5$ Min. bei der supraclaviculären Plexusblockade ein. Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,717$).

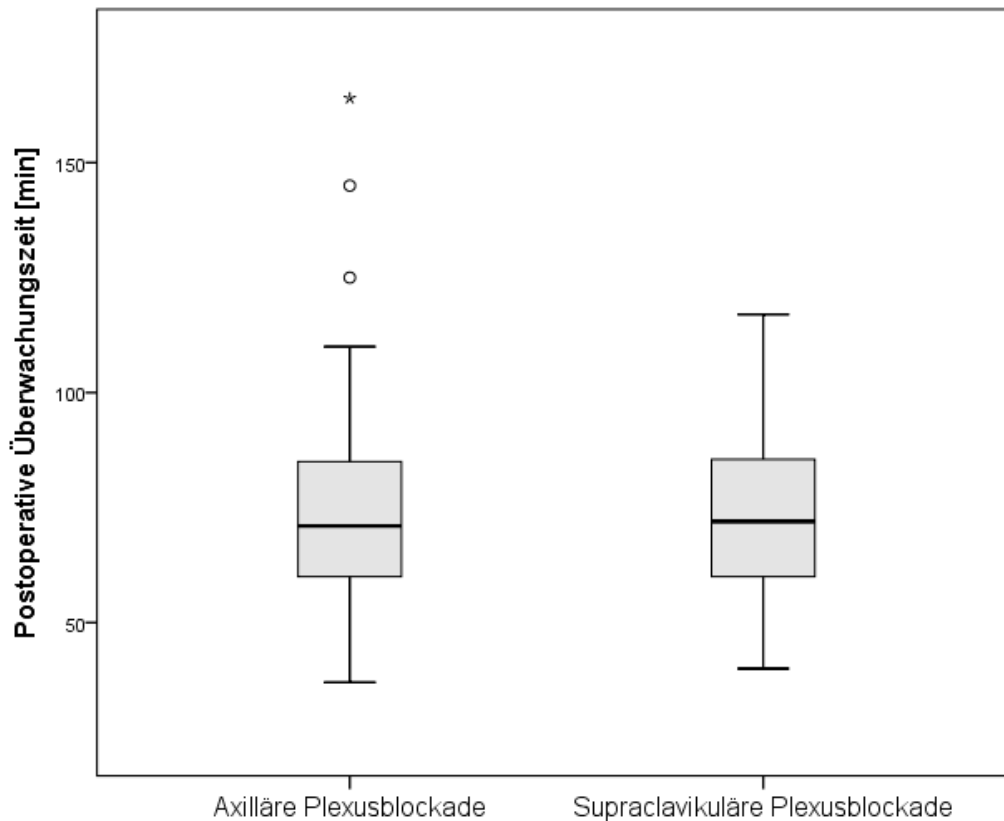


Abbildung 15: Vergleich der postoperativen Überwachungszeit zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

3.3 Vergleich der Erholungsqualität nach AP und SCP

Die Erholungsqualität nach dem operativen Eingriff wurde mit dem QoR-15 (Quality of Recovery)-Fragebogen erfasst. Aus den 15 Itemantworten wurde ein Summenwert gebildet. Höhere Werte (maximal 150) würden bester Erholung, Gesundheit und Wohlbefinden entsprechen. Tatsächlich ergab sich bei den Patienten mit einer axillären Plexusblockade ein Mittelwert von $127,4 \pm 15,7$ und bei der supraclaviculären Plexusblockade ein Wert von $124,4 \pm 16,4$. Die beiden Gruppen unterschieden sich nicht in ihrem allgemeinen Wohlbefinden nach den unterschiedlichen Narkoseverfahren (Abbildung 16; $p = 0,278$).

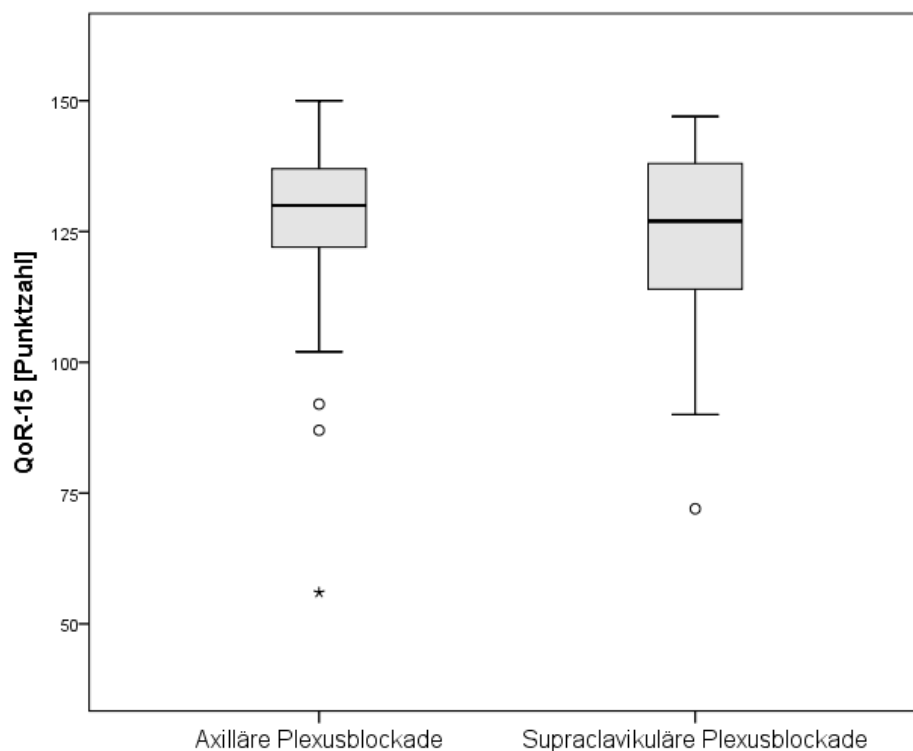


Abbildung 16: Vergleich der Erholungsqualität (erfasst als summierte Punktzahl des QoR-15) zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie, 140 Patienten im Rahmen handchirurgischer Eingriffe, Uniklinik Ulm, 11/2013-02/2014

Auch wenn man die fünf Dimensionen der Erholungsqualität (Schmerzen, physisches Wohlbefinden, physische Unabhängigkeit, psychologische Unterstützung und emotionale Verfassung) zwischen den beiden Gruppen AP und SCP miteinander verglich, so ergab sich in keiner einzigen der fünf Dimensionen ein Unterschied zwischen axillärer und supraclaviculärer Plexusanästhesie (Tabelle 5).

Tabelle 5: Vergleich der fünf Dimensionen des QoR-15 zwischen AP und SCP.

Dimension	Axillärer Block (MW ± STABW)	Supraclaviculärer Block (MW ± STABW)	p-Wert
Schmerzen	13,6 ± 5,8	12,4 ± 6,3	0,241
Physisches Wohlbefinden	42,5 ± 12,2	42,6 ± 11,7	0,972
Physische Unabhängigkeit	14,3 ± 5,1	13,4 ± 5,4	0,274
Psychologische Unterstützung	14,6 ± 5,5	15,0 ± 5,3	0,722
Emotionale Verfassung	33,8 ± 10,7	33,8 ± 9,6	0,987

3.4 Korrelationsanalysen

Um Zusammenhänge zwischen den Prozesszeiten und den einzelnen Dimensionen des QoR-15 zu ermitteln, wurden Korrelationsanalysen durchgeführt.

Zuerst ließ sich feststellen, dass in der gesamten Stichprobe der Body Mass Index (BMI) mit der Einleitungsdauer korrelierte ($r = 0,226$; $p = 0,007$), also mit steigendem BMI auch der für die Einleitung benötigte Zeitraum zunahm. Interessanterweise kam diese Beobachtung eher von jenen Fällen, die eine axilläre Plexusblockade ($r = 0,249$; $p = 0,038$) erhalten hatten als von jenen Fällen, die eine supraclaviculäre Plexusblockade ($r = 0,211$; $p = 0,080$) erhalten hatten. Das bedeutet, dass der BMI bei der AP einen größeren Einfluss auf die Einleitungsdauer hat als bei der SCP. Es ist wichtig hier festzuhalten, dass sich die beiden Untersuchungsgruppen AP und SCP im durchschnittlichen BMI nicht voneinander unterschieden ($p = 0,305$).

Das Alter der Patienten spielte nur bei der axillären Plexusanästhesie eine Rolle für die Prozesszeiten. In der AP-Gruppe stieg mit zunehmenden Alter der Patienten auch die Dauer für die Anästhesiologiezeit ($r = 0,292$; $p = 0,014$), die perioperative Zeit ($r = 0,272$; $p = 0,023$), die reine Anästhesiezeit an ($r = 0,297$; $p = 0,013$) und die Säulenzeit ($r = 0,292$; $p = 0,012$). Diese Zusammenhänge ließen sich für die SCP-Gruppe nicht entdecken. Auch hierbei ist die Feststellung, dass sich die beiden Untersuchungsgruppen AP und SCP im durchschnittlichen Alter nicht voneinander unterschieden ($p = 0,270$).

3.4.1 Einflussfaktoren auf Schmerzen

Im gesamten Patientenkollektiv korrelierte die Schnitt-Naht-Zeit negativ mit dem Konstrukt „Schmerzen“ des QoR-15 ($r = -0,178$; $p = 0,036$). Da höhere QoR-15 Werte geringere Schmerzen repräsentierten, bedeutete das, dass mit zunehmender reiner OP-Dauer auch die postoperativen Schmerzen stiegen. Dieser Zusammenhang war eher auf die SCP-Gruppe

zurückzuführen ($r = -0,219$; $p = 0,069$), denn in der AP-Gruppe war die Korrelation nicht beobachtbar ($r = -0,105$; $p = 0,385$).

3.4.2 Einflussfaktoren auf das physische Wohlbefinden

Im gesamten Patientenkollektiv wurde das physische Wohlbefinden durch die Dauer der Schnitt-Naht-Zeit ($r = -0,173$; $p = 0,042$), der Anästhesiologiezeit ($r = -0,182$; $p = 0,031$) und der perioperativen Zeit ($r = -0,178$; $p = 0,035$) negativ beeinflusst. Wie bei den postoperativen Schmerzen waren auch hier wieder die Patienten aus dem SCP-Kollektiv ausschlaggebend für die beobachteten negativen Korrelationen. So zeigten die Schnitt-Naht-Zeit ($r = -0,276$; $p = 0,021$), die Anästhesiologiezeit ($r = -0,218$; $p = 0,070$), die perioperative Zeit ($r = -0,271$; $p = 0,023$) und zusätzlich noch die reine Anästhesiezeit ($r = -0,263$; $p = 0,028$) einen negativen Einfluss auf das physische Wohlbefinden von Patienten mit einer supraclaviculären Plexusblockade. Die hier genannten Prozesszeiten zeigten allerdings keinerlei Einfluss auf das physische Wohlbefinden bei der Gruppe der axillär anästhesierten Patienten (alle $p > 0,4$).

3.4.3 Einflussfaktoren auf die psychische Unabhängigkeit

Wenn alle 140 Studienteilnehmer analysiert wurden, so zeigte sich ein negativer Zusammenhang zwischen der körperlichen Unabhängigkeit und der Schnitt-Naht-Zeit ($r = -0,261$; $p = 0,002$), der Anästhesiologiezeit ($r = -0,197$; $p = 0,020$), der perioperativen Zeit ($r = -0,225$; $p = 0,007$) und der reinen Anästhesiezeit ($r = -0,188$; $p = 0,026$). In der AP-Gruppe zeigten sich nur für die Schnitt-Naht-Zeit ($r = -0,207$; $p = 0,086$) und die perioperative Zeit ($r = -0,201$; $p = 0,095$) ähnliche Werte. Dafür war in der AP-Gruppe die Einleitungsdauer positiv mit der psychischen Unabhängigkeit assoziiert ($r = 0,265$; $p = 0,026$). Das ist ein interessanter Befund, besonders, weil er in der SCP-Gruppe überhaupt nicht bestätigt werden konnte ($r = -0,001$; $p = 0,996$). Dafür waren in der SCP-Gruppe die Schnitt-Naht-Zeit ($r = -0,293$; $p = 0,014$) und perioperative Zeit ($r = -0,226$; $p = 0,060$) deutlich negativ mit der körperlichen Unabhängigkeit korreliert. Dass nicht alle Korrelationen aus der Gesamtgruppe in den Subgruppen als signifikant erkannt wurden, lag mit hoher Wahrscheinlichkeit an der halbierten Fallzahl in den beiden Untersuchungsgruppen AP und SCP. Für kleine Effekte sind größere Stichproben notwendig, um sie auch als statistisch signifikant zu erkennen.

3.4.4 Einflussfaktoren auf die emotionale Verfassung

Die emotionale Verfassung von Patienten mit einer supraclaviculären Blockade wurde durch die Schnitt-Naht-Zeit ($r = -0,253$; $p = 0,035$), die Anästhesiologiezeit ($r = -0,250$; $p = 0,037$), die perioperative Zeit ($r = -0,282$; $p = 0,018$) und die reine Anästhesiezeit ($r = -0,280$; $p = 0,019$) negativ beeinflusst. Dafür zeigte die Wechselzeit einen positiven Einfluss auf die emotionale Verfassung von SCP-Patienten ($r = 0,247$; $p = 0,049$). Die emotionale Verfassung von Patienten mit einer axillären Plexusblockade wurde durch die unterschiedlichen Prozesszeiten nicht beeinflusst.

4 Diskussion

In dieser prospektiven, randomisierten Studie wurden supraclaviculäre und axilläre Blockaden für ultraschallgesteuerte brachiale Plexus-Anästhesien hinsichtlich Prozesszeiten und Patientenzufriedenheit miteinander verglichen. Wie bereits zu Beginn der Studie angenommen verliefen beide Regionalanästhesieverfahren ohne Komplikationen.

4.1 Vergleich der Prozesszeiten zwischen AP und SCP

Im Sinne der Forschungshypothese war das Ziel, herauszufinden, welches der beiden Verfahren kürzere Prozesszeiten in Anspruch nimmt. Die Ergebnisse zeigen ähnliche Zeiten in allen untersuchten perioperativen Prozessen. So war die Vorlaufzeit für beide Blockadeverfahren vergleichbar, und auch bei der reinen Anästhesiezeit ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Ebenso war die postoperative Überwachungszeit für AP und SCP nahezu identisch.

Es gibt mehrere mögliche Erklärungen für diese Beobachtung. Zwar wurden für das supraclaviculäre Verfahren durchweg längere Prozesszeiten beobachtet, doch der Unterschied zum axillären Verfahren war statistisch nicht signifikant. Das könnte an der Anzahl an Patienten je Gruppe ($n = 70$) liegen. In der Studienplanung wurde die Fallzahl unter der Prämisse berechnet, einen durchschnittlichen Unterschied von 5 Min. zwischen den beiden Verfahren detektieren zu können. Aus unseren Ergebnissen lässt sich aber eher auf eine Differenz im Bereich von 1-3 Minuten (siehe Tabelle 4) schließen. Um eine Differenz in dieser Größenordnung detektieren zu können, hätte man mehr Fälle je Gruppe analysieren müssen.

Eine weitere Störgröße könnten die unterschiedlichen Operationen sein, wodurch eine zusätzliche Streuung in die Daten gebracht wurde. Um einen Eins-zu-eins-Vergleich der beiden Verfahren zu erhalten, wäre es wahrscheinlich sinnvoller gewesen, nur eine bestimmte Operation zu betrachten, zum Beispiel Operationen am Karpaltunnelsyndrom. Dann wären der Bias der unterschiedlich langen reinen OP-Zeiten und die damit ins Spiel gebrachte zusätzliche Streuung vermeidbar gewesen.

Letztendlich muss man sich aber natürlich die Frage stellen, ob eine Differenz von 1-3 Min., ob statistisch signifikant oder nicht, klinisch tatsächlich eine Relevanz darstellt. Eine wesentlichere Frage ist daher, ob die Patienten postoperativ sich nach dem einen oder dem

anderen Verfahren besser und schneller erholen und wieder in ihren gewohnten Alltag zurückkehren können.

Obwohl sich die beiden Untersuchungsgruppen weder im Alter noch im BMI unterschieden, zeigte der Body Mass Index dennoch einen größeren Einfluss auf die Einleitungsdauer in der axillären Anästhesiegruppe als in der supraclaviculären Anästhesiegruppe. In gleichem Maße stiegen in der AP-Gruppe mit zunehmenden Alter der Patienten auch die Anästhesiologiezeit, die perioperative Zeit und die reine Anästhesiezeit an, während sich diese Zusammenhänge in der SCP-Gruppe nicht entdecken ließen.

Ein Abgleich mit der Literatur ergab, dass in früheren Studien axilläre Plexusblockaden mit der längsten Anästhesie-Einleitungsdauer assoziiert waren (Tran et al., 2009). Im Vergleich zu dieser Studie verzeichneten wir längere Zeiten für den anästhetischen Verlauf sowohl für die axilläre Plexusanästhesie (21 Min. in unserer Studie versus 17 Min. in Tran et al., 2009) als auch für die supraclaviculäre Blockade (20 Min. in unserer Studie versus 12 Min. in Tran et al., 2009).

4.2 Vergleich der Erholungsqualität nach AP und SCP

Die zweite wesentliche Forschungsfrage stellte die postoperative Erholung der Patienten dar. Diese wurde mit einem Fragebogen mit 15 Items (QoR-15) erhoben, und als Maß für die Qualität der Erholung nach dem Eingriff wurde die Summe der codierten Itemantworten erhoben. Die Items waren so skaliert, dass höhere Punktzahlen einer besseren Erholungsqualität entsprachen. Interessanterweise ergab sich kein Unterschied in der gesamten Erholungsqualität zwischen den beiden Plexusblockadetechniken.

Wenn nun die unterschiedlichen Dimensionen des QoR-15 mit den Prozesszeiten in Relation gebracht wurden, ergaben sich einige interessante Zusammenhänge. Eine zunehmende Schnitt-Naht-Zeit korrelierte in der SCP-Gruppe mit höheren postoperativen Schmerzen und niedrigerem physischem Wohlbefinden, körperlicher Unabhängigkeit und emotionaler Verfassung. Dieser negative Effekt der Schnitt-Naht-Zeit auf verschiedene Dimensionen der postoperativen Erholung konnte in der AP-Gruppe nicht oder zumindest nicht in einem vergleichbar starken Ausmaß beobachtet werden.

Mit einer Zunahme der Anästhesiologiezeit wurden in der SCP-Gruppe das physische Wohlbefinden, die körperliche Unabhängigkeit und die emotionale Verfassung negativ

beeinflusst. Auch diese Assoziation wurde in der AP-Gruppe gar nicht oder nicht in einem entsprechend starken Ausmaß beobachtet.

Die perioperative Zeit und die reine Anästhesiezeit waren im SCP-Kollektiv ebenfalls invers mit dem physischen Wohlbefinden, der körperlichen Unabhängigkeit und der emotionalen Verfassung korreliert. Diese Korrelation konnte bei axillär anästhesierten Patienten nicht in einer analogen Stärke bestätigt werden. Dafür war in der AP-Gruppe die Einleitungsdauer positiv mit der psychischen Unabhängigkeit assoziiert. Dies stellt ein interessantes Ergebnis dar, insbesondere, weil er in der SCP-Gruppe überhaupt nicht bestätigt werden konnte.

Eine mögliche Erklärung für den negativen Effekt von längeren Prozesszeiten auf diverse Komponenten der postoperativen Erholung speziell in der SCP-Gruppe könnte die Beobachtung sein, dass die einzelnen Prozesse bei der supraclaviculären Plexusanästhesie tendenziell mehr Zeit beanspruchen als bei der supraclaviculären Plexusanästhesie (siehe Tabelle 4). Zwar waren die zeitlichen Unterschiede statistisch nicht signifikant, aber die Kastenschaudiagramme demonstrierten eine größere Streuung der Daten. So könnte es sein, dass die Überschreitung einer bestimmten kritischen Zeitdauer bei einem anästhesiologischen Prozess postoperative Probleme in der Erholungsqualität bereitet, und dass dieser Schwellenwert vergleichsweise häufiger bei supraclaviculären Blockaden überschritten wird. Auch hier wäre es sicher sinnvoll, zwei Patientengruppen, welche die gleiche Operation über sich ergehen lassen mussten, miteinander zu vergleichen. Dann wäre ein wesentlicher Bias ausgeschaltet.

Weitere Gründe könnte eine Literaturrecherche liefern: In einer früheren Studie wurde die Elektrostimulation des Nervus brachialis als Hauptgrund für anästhesiebezogene Schmerzen nach axillären Plexusblockaden erachtet (Koscielniak-Nielsen et al., 2002). Eine andere Studie berichtete, dass 37,5 % nach einer supraclaviculären Plexusanästhesie am Horner Syndrom litten (Tran et al., 2009).

4.3 Stärken und Schwächen der Studie

Unsere Studie weist mehrere Stärken, aber auch einige Schwächen auf. Der prospektive Charakter der Studie, die verblindete Randomisierung der Gruppeneinteilung und die ansehnliche Fallzahl von insgesamt 140 operierten Patienten können als Stärken der Studie erachtet werden. Auch die nachfolgende Befragung der Patienten mit einem validierten Fragebogen zur Erhebung der postoperativen Erholungsqualität hebt die wissenschaftliche Qualität der Studie im Sinne einer Verbindung von klinischen mit empirischen Daten.

Als nachteilig könnte die Erfassung von unterschiedlichen Operationen erachtet werden. Dadurch wird eine zusätzliche Streuung in die Daten gebracht, sodass ein Eins-zu-eins-Vergleich der beiden Verfahren schwer möglich ist. Die hohe Heterogenität der Daten kann in den unterschiedlich langen operativen Prozeduren begründet liegen.

4.4 Schlussfolgerung

Ultraschall-geführte regional-anästhetische Verfahren zur Blockade des Plexus brachialis erlauben eine Echtzeitvisualisierung von Nerven, Nadeln und der Ausbreitung der Lokalanästhetika. Dadurch werden mit supraclaviculären und axillären Plexusblockaden eine annähernd gleiche Erfolgsrate, eine ähnliche Prozessdauer und eine nahezu idente Erholungsqualität nach dem operativen Eingriff erreicht. Aufgrund ihrer geringeren Komplikationsrate und der geringeren Beeinträchtigung der postoperativen Erholung in Abhängigkeit von der Dauer diverser Anästhesie-Prozesse scheint die axilläre der supraclaviculären Plexus-brachialis-Blockade überlegen zu sein.

5 Zusammenfassung

Zielsetzung: In der vorliegenden prospektiven randomisierten Untersuchung wurden die axilläre (AP) und die supraclaviculäre (SCP) Plexusblockade hinsichtlich der Prozesszeiten und der Erholungsqualität miteinander verglichen.

Methodik: Nach Zustimmung der Ethikkommission der Universität Ulm wurden in einem Zeitraum von 4 Monaten insgesamt 140 ASA I-III Patienten mit ambulanten handchirurgischen Eingriffen in die Studie eingeschlossen. 70 Patienten erhielten einen axillären, 70 Patienten einen supraclaviculären Block. Die Prozessqualität wurde mithilfe der erhobenen Prozesszeiten „anästhesiologischer Vorlauf“, „reine Anästhesiezeit“ und der „postoperativen Überwachungszeit“ (Ende Anästhesie bis Entlassung) erhoben. Die Erholungsqualität wurde mit dem Quality of Recovery 15 (QoR-15)-Fragebogen gemessen. Die Signifikanztestung erfolgte mit dem Wilcoxon-Rangsummentest.

Ergebnisse: Alle gemessenen Prozesszeiten ergaben bei beiden Verfahren äquivalente, statistisch nicht signifikant unterschiedliche Werte. Die Einleitung war für beide Blockadeverfahren vergleichbar (AP: $12,4 \pm 4,3$ Min. versus SCP: $13,0 \pm 3,4$ Min.; $p = 0,119$). Bei der reinen Anästhesiezeit ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (AP: $68,8 \pm 16,1$ Min. versus SCP: $74,9 \pm 20,9$ Min.; $p = 0,115$). Die postoperative Überwachungszeit war für AP und SCP nahezu identisch (AP: $76,1 \pm 21,5$ Min. versus SCP: $73,9 \pm 19,5$ Min.; $p = 0,717$). Auch die postoperative Erholung, gemessen als QoR-15-Summenwert unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Narkoseverfahren (AP: $127,4 \pm 15,7$ versus SCP: $124,4 \pm 16,4$; $p = 0,278$). Dafür verstärkte in der SCP-Gruppe eine zunehmende Dauer bestimmter anästhetischer Prozesse das Empfinden von postoperativen Schmerzen und beeinträchtigte das körperliche und emotionale Wohlbefinden. Diese Assoziationen konnten in der AP-Gruppe größtenteils nicht bestätigt werden.

Schlussfolgerung: Ultraschall-geführte regional-anästhetische Verfahren zur Blockade des Plexus brachialis erlauben eine Echtzeit-Visualisierung von Nerven, Nadeln und der Ausbreitung der Lokalanästhetika. Dadurch werden mit supraclaviculären und axillären Plexusblockaden eine annähernd gleiche Erfolgsrate, eine ähnliche Prozessdauer und eine nahezu idente Erholungsqualität nach dem operativen Eingriff erreicht. Aufgrund ihrer geringeren Komplikationsrate und der geringeren Beeinträchtigung der postoperativen Erholung in Abhängigkeit von der Dauer diverser Anästhesie-Prozesse scheint die axilläre der supraclaviculären Plexus-brachialis-Blockade überlegen zu sein.

6 Literaturverzeichnis

- Abramowitz HB, Cohen C (1981): Use of Doppler for difficult axillary block. *Anesthesiology* 55:603.
- Barrington MJ, Kluger R (2013): Ultrasound guidance reduces the risk of local anesthetic systemic toxicity following peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med* 38:289-297.
- Bauer M, Diemer M, Ansorg J, Schleppers A, Bauer K, Bomplitz M, Tsekos E, Hanss R, Schuster M (2008): Glossar perioperativer Prozesszeiten und Kennzahlen - Eine gemeinsame Empfehlung von DGAI, BDA, BDC und VOPM. *Anaesth Intensivmed* 49:93-105.
- Beach ML, Sites BD, Gallagher JD (2006): Use of a nerve stimulator does not improve the efficacy of ultrasound-guided supraclavicular nerve blocks. *J Clin Anesth* 18:580-584.
- Brown DL, Cahill DR, Bridenbaugh LD (1993): Supraclavicular nerve block: anatomic analysis of a method to prevent pneumothorax. *Anesth Analg* 76:530-534.
- Casati A, Danelli G, Baciarello M, Corradi M, Leone S, Di CS, Fanelli G (2007): A prospective, randomized comparison between ultrasound and nerve stimulation guidance for multiple injection axillary brachial plexus block. *Anesthesiology* 106:992-996.
- Chan VW, Perlas A, McCartney CJ, Brull R, Xu D, Abbas S (2007): Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. *Can J Anaesth* 54:176-182.
- Chan VW, Perlas A, Rawson R, Odukoya O (2003): Ultrasound-guided supraclavicular brachial plexus block. *Anesth Analg* 97:1514-1517.
- Chaudhuri S, Gopalkrishna M, Paul C, Kundu R (2012): Can bilateral bronchospasm be a sign of unilateral phrenic nerve palsy after supraclavicular brachial plexus block? *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 28:249-251.
- Chin KJ, Alakkad H, Adhikary SD, Singh M (2013): Infraclavicular brachial plexus block for regional anaesthesia of the lower arm. *Cochrane Database Syst Rev* 8:CD005487.

- Donabedian A (1988): The quality of care. How can it be assessed? *Journal of the American Medical Association* 260:1743-1748.
- Dupre LJ (1995): Blocking of the brachial plexus: which technique(s) should be chosen? *Cah Anesthesiol* 43:587-600.
- Ekatodramis G, Macaire P, Borgeat A (2001): Prolonged Horner syndrome due to neck hematoma after continuous interscalene block. *Anesthesiology* 95:801-803.
- Erickson JM, Louis DS, Naughton NN (2009): Symptomatic phrenic nerve palsy after supraclavicular block in an obese man. *Orthopedics* 32:368.
- Gauss A, Tugtekin I, Georgieff M, Dinse-Lambracht A, Keipke D, Gorsewski G (2014): Incidence of clinically symptomatic pneumothorax in ultrasound-guided infraclavicular and supraclavicular brachial plexus block. *Anaesthesia* 69:327-336.
- Geiser T, Lang D, Neuburger M, Ott B, Augat P, Buttner J (2011): Perivascular brachial plexus block. Ultrasound versus nerve stimulator *Anaesthesist* 60:617-624.
- Gornall BF, Myles PS, Smith CL, Burke JA, Leslie K, Pereira MJ, Bost JE, Kluivers KB, Nilsson UG, Tanaka Y, Forbes A (2013): Measurement of quality of recovery using the QoR-40: a quantitative systematic review. *Br J Anaesth* 111:161-169.
- Gray AT (2006): Ultrasound-guided regional anesthesia: current state of the art. *Anesthesiology* 104:368-73, discussion.
- Hadzic A, Arliss J, Kerimoglu B, Karaca PE, Yufa M, Claudio RE, Vloka JD, Rosenquist R, Santos AC, Thys DM (2004): A comparison of infraclavicular nerve block versus general anesthesia for hand and wrist day-case surgeries. *Anesthesiology* 101:127-132.
- Hanumanthaiah D, Vaidyanathan S, Garstka M, Szucs S, Iohom G (2013): Ultrasound guided supraclavicular block. *Med Ultrason* 15:224-229.
- Harper GK, Stafford MA, Hill DA (2010): Minimum volume of local anaesthetic required to surround each of the constituent nerves of the axillary brachial plexus, using ultrasound guidance: a pilot study. *Br J Anaesth* 104:633-636.
- Hess J (1988): Supraclavicular block: a review of the methodology of blocking the brachial plexus. *American Association of Nurse Anesthetists Journal* 56:437-444.

- Hogue SL, Reese PR, Colopy M, Fleisher LA, Tuman KJ, Twersky RS, Warner DS, Jamerson B (2000): Assessing a tool to measure patient functional ability after outpatient surgery. *Anesth Analg* 91:97-106.
- Kapral S, Greher M, Huber G, Willschke H, Kettner S, Kdolsky R, Marhofer P (2008): Ultrasonographic guidance improves the success rate of interscalene brachial plexus blockade. *Reg Anesth Pain Med* 33:253-258.
- Karaman S, Arici S, Dogru S, Karaman T, Tapar H, Kaya Z, Suren M, Gurler BM (2014): Validation of the Turkish version of the Quality of Recovery-40 questionnaire. *Health Qual Life Outcomes* 12:8.
- Koscielniak-Nielsen ZJ, Rotboll-Nielsen P, Rasmussen H (2002): Patients' experiences with multiple stimulation axillary block for fast-track ambulatory hand surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 46:789-793.
- Kulenkampff D (1928): Brachial Plexus Anaesthesia: its indications, technique and dangers. *Ann Surg* 87:883-891.
- Kumari A, Gupta R, Bhardwaj A, Madan D (2011): Delayed pneumothorax after supraclavicular block. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 27:121-122.
- Lee A, Lum ME (1996): Measuring anaesthetic outcomes. *Anaesth Intensive Care* 24:685-693.
- Lee WK, Kim MS, Kang SW, Kim S, Lee JR (2014): Type of anaesthesia and patient quality of recovery: a randomized trial comparing propofol-remifentanyl total i.v. anaesthesia with desflurane anaesthesia. *Br J Anaesth*.
- Liu FC, Liou JT, Tsai YF, Li AH, Day YY, Hui YL, Lui PW (2005): Efficacy of ultrasound-guided axillary brachial plexus block: a comparative study with nerve stimulator-guided method. *Chang Gung Med J* 28:396-402.
- Marhofer P, Schrogendorfer K, Wallner T, Koinig H, Mayer N, Kapral S (1998): Ultrasonographic guidance reduces the amount of local anesthetic for 3-in-1 blocks. *Reg Anesth Pain Med* 23:584-588.

- McCartney CJ, Brull R, Chan VW, Katz J, Abbas S, Graham B, Nova H, Rawson R, Anastakis DJ, von SH (2004): Early but no long-term benefit of regional compared with general anesthesia for ambulatory hand surgery. *Anesthesiology* 101:461-467.
- Moorthy SS, Schmidt SI, Dierdorf SF, Rosenfeld SH, Anagnostou JM (1991): A supraclavicular lateral paravascular approach for brachial plexus regional anesthesia. *Anesth Analg* 72:241-244.
- Myles PS, Reeves MD, Anderson H, Weeks AM (2000a): Measurement of quality of recovery in 5672 patients after anaesthesia and surgery. *Anaesth Intensive Care* 28:276-280.
- Myles PS, Weitkamp B, Jones K, Melick J, Hensen S (2000b): Validity and reliability of a postoperative quality of recovery score: the QoR-40. *Br J Anaesth* 84:11-15.
- Myles PS, Williams DL, Hendrata M, Anderson H, Weeks AM (2000c): Patient satisfaction after anaesthesia and surgery: results of a prospective survey of 10,811 patients. *Br J Anaesth* 84:6-10.
- Naito Y, Tanaka Y, Sasaoka N, Iwata T, Fujimoto Y, Okamoto N, Inoue S, Kawaguchi M (2014): Feasibility, reliability, and validity of the Japanese version of the Postoperative Quality of Recovery Scale: a first pilot study. *J Anesth*.
- Neuburger M, Kaiser H, Rembold-Schuster I, Landes H (1998): [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.
- O'Sullivan CT, Dexter F (2006): Assigning surgical cases with regional anesthetic blocks to anesthetists and operating rooms based on operating room efficiency. *American Association of Nurse Anesthetists Journal* 74:213-218.
- O'Sullivan CT, Dexter F, Lubarsky DA, Vigoda MM (2007): Evidence-based management assessment of return on investment from anesthesia information management systems. *American Association of Nurse Anesthetists Journal* 75:43-48.
- Ootaki C, Hayashi H, Amano M (2000): Ultrasound-guided infraclavicular brachial plexus block: an alternative technique to anatomical landmark-guided approaches. *Reg Anesth Pain Med* 25:600-604.

- Perlas A, Lobo G, Lo N, Brull R, Chan VW, Karkhanis R (2009): Ultrasound-guided supraclavicular block: outcome of 510 consecutive cases. *Reg Anesth Pain Med* 34:171-176.
- Ranganath A, Srinivasan KK, Iohom G (2014): Ultrasound guided axillary brachial plexus block. *Med Ultrason* 16:246-251.
- Ritter C, Wunderlich G, Macht S, Schroeter M, Fink GR, Lehmann HC (2014): [Differential diagnostics of diseases of the brachial plexus]. *Nervenarzt* 85:176-188.
- Roussel J, Thirkannad S (2014): Comparison of 3 ultrasound-guided brachial plexus block approaches for cubital tunnel release surgery in 120 ambulatory patients. *American Association of Nurse Anesthetists Journal* 82:121-126.
- Royse CF, Newman S, Chung F, Stygall J, McKay RE, Boldt J, Servin FS, Hurtado I, Hannallah R, Yu B, Wilkinson DJ (2010): Development and feasibility of a scale to assess postoperative recovery: the post-operative quality recovery scale. *Anesthesiology* 113:892-905.
- Sadowski M, Tulaza B, Lysenko L (2014): Renaissance of supraclavicular brachial plexus block. *Anaesthesiol Intensive Ther* 46:37-41.
- Sandhu NS, Manne JS, Medabalmi PK, Capan LM (2006): Sonographically guided infraclavicular brachial plexus block in adults: a retrospective analysis of 1146 cases. *J Ultrasound Med* 25:1555-1561.
- Santhosh MC, Pai RB, Rao RP (2013): Pourfour Du Petit syndrome after interscalene block. *Saudi J Anaesth* 7:203-204.
- Sites BD, Beach ML, Spence BC, Wiley CW, Shiffrin J, Hartman GS, Gallagher JD (2006): Ultrasound guidance improves the success rate of a perivascular axillary plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 50:678-684.
- Stark PA, Myles PS, Burke JA (2013): Development and psychometric evaluation of a postoperative quality of recovery score: the QoR-15. *Anesthesiology* 118:1332-1340.
- Ting PL, Sivagnanaratnam V (1989): Ultrasonographic study of the spread of local anaesthetic during axillary brachial plexus block. *Br J Anaesth* 63:326-329.

- Tran DQ, Clemente A, Tran DQ, Finlayson RJ (2008): A comparison between ultrasound-guided infraclavicular block using the "double bubble" sign and neurostimulation-guided axillary block. *Anesth Analg* 107:1075-1078.
- Tran DQ, Russo G, Munoz L, Zaouter C, Finlayson RJ (2009): A prospective, randomized comparison between ultrasound-guided supraclavicular, infraclavicular, and axillary brachial plexus blocks. *Reg Anesth Pain Med* 34:366-371.
- Tran QH, Clemente A, Doan J, Finlayson RJ (2007): Brachial plexus blocks: a review of approaches and techniques. *Can J Anaesth* 54:662-674.
- Williams SR, Chouinard P, Arcand G, Harris P, Ruel M, Boudreault D, Girard F (2003): Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. *Anesth Analg* 97:1518-1523.
- Yuan JM, Yang XH, Fu SK, Yuan CQ, Chen K, Li JY, Li Q (2012): Ultrasound guidance for brachial plexus block decreases the incidence of complete hemi-diaphragmatic paresis or vascular punctures and improves success rate of brachial plexus nerve block compared with peripheral nerve stimulator in adults. *Chin Med J (Engl)* 125:1811-1816.

7 Anhang

7.1 Fragebogen zur Patientenzufriedenheit (QoR-15)

Fragebogen aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Fragebogen aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Fragebogen aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

8 Danksagung

Besonderer Dank gilt meinem Vater und meiner Mutter, die mich immer unterstützt haben und bei jeder Entscheidungsfindung eine große Hilfe waren.

Danke an meine Großeltern für den Zuspruch, die Ermutigung und Unterstützung während des gesamten Studiums.

Danke an Mona Stadler, ihr Rückhalt war und ist eine wichtige Stütze.

Danke an Herrn Dr. Alexander Dinse-Lambracht, eine bessere und geduldigere Betreuung ist schwer zu finden.

Danke an Herrn Prof. Dr. Claus-Martin Muth für die Hilfe bei Korrektur und Sachlichkeit, sowie die gute Lehre.

Danke an Herrn Prof. Dr. Samuel Eich für wichtigen Rat und Unterstützung seit jeher.

Danke an Manuel und Vanessa Effenberger, Alexander Lang, Elisabeth Lormes, Ilona Schust, Sascha Winkler und Thomas Witte sowie meine Brüder Philipp und Peter.

