

Diplomarbeit

**Ultraschall und/oder Nervenstimulator bei der
Anlage von perioperativen Schmerzkathetern:
Gibt es einen Unterschied in der postoperativen
Wirksamkeit?**

eingereicht von

Thomas Johann Kropiunik

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

Ass.-Prof. Dr.med.univ. Christian Dorn

und

ao.Univ.-Prof. Dr.med.univ. Gottfried Fuchs

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 02.01.2016

Thomas Kropiunik eh

Vorwort

A fool with a tool is still a fool

Danksagungen

Am Ende meines Studiums möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich in dieser Zeit begleitet und unterstützt haben:

Meiner Familie und im Besonderen meinen Eltern, für die emotionale und finanzielle Unterstützung auf meinem bisherigen Ausbildungsweg und die Motivation meinen Traumberuf zu ergreifen. DANKE!

Ich möchte mich auch bei Ass.-Prof. Dr. Christian Dorn und Univ.-Prof. Dr. Gottfried Fuchs für die Betreuung dieser Diplomarbeit bedanken. Ein besonderer Dank gilt Dr. Helmar Bornemann-Cimenti, für die Bereitstellung des Themas und die unkomplizierte Hilfe bei allen Widrigkeiten des Erstellens dieser Diplomarbeit.

Meinen Studienkollegen und Kolleginnen danke ich für die gegenseitige Motivation in anstrengenden Zeiten und für viele große und kleine Erlebnisse, an die wir uns hoffentlich immer wieder gemeinsam erinnern werden.

Ein Dank gilt auch der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin am Klinikum Klagenfurt für die Erlaubnis die Fotos während einer Famulatur anzufertigen und Erfahrungen auf dem Gebiet der regionalen Schmerztherapie zu sammeln.

Zusammenfassung

Hintergrund :

In der postoperativen Schmerztherapie kann aufgrund der Nebenwirkungen einer systemischen Schmerztherapie ein peripherer Schmerzkatheter Vorteile bringen. Prinzipiell kann die Anlage des Katheters entweder mithilfe eines Nervenstimulators, unter Ultraschallkontrolle oder durch Kombination der Verfahren erfolgen. Ziel dieser Diplomarbeit war es zu untersuchen, mit welchem dieser Verfahren eine bessere Wirksamkeit erzielt werden kann.

Methodik:

Die PCRA-Protokolle der Schmerzambulanz an der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Graz wurden für den Zeitraum vom 01.01.2011 bis zum 31.12.2014 retrospektiv ausgewertet. Die handschriftlichen Protokolle wurden in das Programm SPSS TM übertragen und mittels statistischer Methoden untersucht.

Ergebnisse:

Es konnten insgesamt 711 Patientinnen und Patienten in die Studie eingeschlossen werden. In 278 Fällen wurde ein Nervenstimulator, in 38 Fällen ein Ultraschallgerät und in 387 Fällen eine Kombination der beiden Verfahren zur Katheteranlage verwendet. Auch wegen der kleinen Ultraschallgruppe konnte kein Verfahren eine signifikant bessere Wirksamkeit erzielen. Ein Vorteil von besonders niedrigen Stimulationsparametern konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Conclusio:

Übereinstimmend mit vielen aktuellen Publikationen scheint vor allem die Erfahrung mit dem Verfahren ausschlaggebend für die Wirksamkeit zu sein. Die ultraschallgezielte Anlage eines peripheren Schmerzkatheters führt zu keiner Verbesserung der Wirksamkeit.

Abstract

Background:

In the postoperative pain treatment a peripheral pain catheter can be advantageous due to the side effects of systemic pain treatment. The installation of the catheter can be carried out by using either a neurostimulator, ultrasound or a combination of both methods. The aim of this thesis was to investigate which of these procedures achieves higher efficacy.

Method:

The PCRA logs of the pain ambulatory at the University Hospital Graz were evaluated retrospectively for the period of four years. The handwritten protocols were transferred to the SPSS TM program and analyzed using statistical methods.

Results:

A total of 711 patients were included into this survey. In 278 cases a neurostimulator was used to place the catheter. An ultrasound device was used in 38 cases. In 387 cases a combination of both methods was used to perform catheter placement. Due to the small ultrasound group, no method was able to achieve significantly better efficacy. A benefit of a particularly low stimulation parameters could also not be detected.

Conclusion:

Concordant with many recent publications especially the experience with the procedure appears to be crucial for the effectiveness.

Ultrasound guidance does not improve efficacy in peripheral pain catheters.

Inhalt

Vorwort.....	iii
Danksagungen.....	iv
Zusammenfassung.....	v
Abstract.....	vi
Inhalt.....	vii
Glossar und Abkürzungen.....	x
Abbildungsverzeichnis.....	xi
Tabellenverzeichnis.....	xii
1 Einleitung.....	13
1.1 Warum perioperative Schmerzkatheter?.....	13
1.1.1 Grundprinzip.....	13
1.1.2 Indikationen.....	13
1.1.3 Kontraindikationen.....	14
1.1.4 Leitlinie.....	14
1.1.5 Vorteile.....	14
1.1.6 Komplikationen.....	15
1.2 Lokalisierung der Nerven.....	17
1.2.1 Anatomische Landmarken.....	17
1.2.2 Elektrische Nervenstimulation.....	17
1.2.3 Ultraschall.....	18
1.2.4 Kombinationen.....	21
1.3 Arzneimittel.....	21
1.3.1 Mepivacain.....	22
1.3.2 Ropivacain.....	22
1.4 Blockadetechniken.....	23
1.4.1 Obere Extremität.....	23
1.4.2 Untere Extremität.....	24
1.5 Punktionsstechnik.....	24
1.5.1 Fixierung.....	25
2 Material und Methoden.....	26
2.1 Datenerhebung.....	26

2.1.1	Einschlusskriterien	27
2.1.2	Ausschlusskriterien	27
2.1.3	Einteilung der Wirksamkeit	27
2.2	Datenanalyse	28
3	Ergebnisse	30
3.1	Anlageunabhängige Ergebnisse	30
3.1.1	Alter der Patientinnen und Patienten	30
3.1.2	Anlageart	30
3.1.3	Wirksamkeit	31
3.1.4	Katheterart	31
3.1.5	Indikationen	32
3.1.6	Blutaspiration	32
3.1.7	Mehrfachpunktion	32
3.1.8	Nervenpunktion	33
3.2	Anlageabhängige Ergebnisse	34
3.2.1	Anlageabhängige Wirksamkeit	34
3.2.2	Stimulationsparameter	34
3.2.3	Wirksamkeit bei niedrigen Stimulationsparametern	35
4	Diskussion	36
4.1	Anlageart	36
4.2	Wirksamkeit	38
4.3	Komplikationen	38
4.4	Ausblick	39
4.5	Limitationen	39
4.6	Conclusio	40
5	Literaturverzeichnis	41

Glossar und Abkürzungen

A.	Arteria
CRPS	complex regional pain syndrome
mA	Milliampere
mg	Milligramm
ms	Millisekunden
N.	Nervus
PCA	patient-controlled analgesia
PCRA	patient-controlled regional analgesia
PONV	postoperative nausea and vomiting
SOP	standard operating procedure
V.	Vena

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nervenstimulator der Firma Braun.....	18
Abbildung 2: Ultraschallaufnahme des supraclaviculären Plexus brachialis vor Medikamentenapplikation.....	20
Abbildung 3: Echogene Stimulationsnadel mit Injektionsleitung.....	21
Abbildung 4: Anlageart.....	30
Abbildung 5: Katheterarten.....	32
Abbildung 6: Anlageabhängige Wirksamkeit in Prozent.....	34
Abbildung 7: Prozentuelle Wirksamkeit in Abhängigkeit von der Stromstärke	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Symptome einer Lokalanästhetikaintoxikation	22
Tabelle 2: Einteilung nach Wirksamkeit.....	31

1 Einleitung

1.1 *Warum perioperative Schmerzkatheter?*

1.1.1 Grundprinzip

In der modernen Medizin sollte eine ausreichende postoperative Schmerztherapie als Selbstverständlichkeit angesehen werden. Trotzdem ist diese mit konventionellen oralen oder intravenösen Schmerzmitteln wegen deren Nebenwirkungen nicht immer zufriedenstellend erreichbar.

Die zielgerichtete Nervenblockade bietet die Möglichkeit einer Schmerztherapie im versorgten Areal.

Periphere Schmerzkatheter sind ein Teilgebiet der Regionalanästhesie. Mit einer Kanüle wird die Umgebung eines Nervs punktiert und Lokalanästhetikum um den Nerv injiziert. Dieses Vorgehen ermöglicht eine zeitlich begrenzte Anästhesie im Versorgungsgebiet des Nervs. Soll eine längerfristige Analgesie erreicht werden, wird über die Kanüle ein Kunststoffkatheter eingeführt. Dieser wird fallweise subkutan getunnelt und gut fixiert. Danach wird ein Lokalanästhetikum kontinuierlich mithilfe von programmierbaren Pumpen über den Kunststoffschlauch an einen Nerv oder einen Nervenplexus appliziert. Dadurch soll die Weiterleitung von Nervenimpulsen verhindert und Schmerzfreiheit erzielt werden.

Ein weiterer Vorteil ist die Sympathikolyse im Versorgungsgebiet des blockierten Nervs, sodass ein Schmerzkatheter nicht nur aus rein analgetischer Indikation angelegt werden sollte.

1.1.2 Indikationen

Es gibt viele Indikationen zur peripheren Leitungsanästhesie. Mithilfe dieser Technik ist es möglich Operationen ohne Vollnarkose oder mit leichter Sedierung durchzuführen. Durch Verwendung eines Katheters kann postoperativ die Schmerztherapie kontinuierlich oder intermittierend fortgeführt werden (1). Daraus ergeben sich folgende Indikationen:

- Zu erwartende starke postoperative Schmerzen
- Erwünschte Sympathikusblockade
- Postoperative Mobilisation zur Rehabilitation
- Opiatunverträglichkeit, ausgeprägtes PONV
- Erfrierungen, periphere arterielle Verschlusskrankheit
- Artificielle intraarterielle Injektion
- Hochrisikopatienten
- Gerinnungsstörungen
- Zu erwartende Intubationsschwierigkeiten

1.1.3 Kontraindikationen

Als absolute Kontraindikationen gelten die Ablehnung durch Patientinnen und Patienten, eine Infektion an der Punktionsstelle sowie eine Allergie gegen das eingesetzte Lokalanästhetikum.

Als relative Kontraindikationen werden Gerinnungsstörungen und vorbestehende Nervenschäden genannt (1).

1.1.4 Leitlinie

Die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin hat im Jahre 2014 eine gültige Leitlinie publiziert (2). Darin wird die Verwendung von Nervenstimulator und Ultraschall als gleichwertig für eine sichere Durchführung einer peripheren Leitungsanästhesie angegeben. Die Kombination der beiden Methoden wird als besonders günstig hervorgehoben, da mit dem Nervenstimulator im Ultraschallbild schlecht einstellbare Nerven leichter gefunden werden können und im Gegenzug, mittels optischer Darstellung der Strukturen, intraneurale Punktionsen und Injektionen vermieden werden können.

Bei Verwendung eines elektrischen Nervenstimulators wird gefordert, eine Reizstromschwelle von 0,5mA nicht zu unterschreiten.

1.1.5 Vorteile

Durch eine effektive postoperative Schmerztherapie kann das Risiko für ein chronisches Schmerzsyndrom vermindert werden, da die Stärke der postoperativen Schmerzen mit dem Risiko für chronischen Schmerz korreliert (3).

Durch Anlage einer PCRA kann die notwendige Dosis des Lokalanästhetikums im postoperativen Verlauf über Tage flexibel erhöht oder verringert werden, je nach aktuellem Schmerzempfinden der Patientinnen und Patienten (4).

Beim Vergleich von intravenöser PCA und PCRA nach Schulteroperationen konnte eine Überlegenheit der PCRA gezeigt werden.

Schmerzfreiheit, Zufriedenheit der Patientinnen und Patienten sowie Vermeidung von Opiatnebenwirkungen wie Übelkeit, Erbrechen und Juckreiz konnten bei Verwendung von PCRA signifikant häufiger beobachtet werden (5).

Die Anwendung von peripheren Nervenblockaden, zum Beispiel bei künstlichem Kniegelenksersatz, führt zu mehr Zufriedenheit bei Patientinnen und Patienten und zu mehr Kosteneffektivität (6).

Beim Hüftgelenksersatz konnte ein geringerer Schmerzmittelverbrauch nachgewiesen werden (7).

Eine Cochrane Review belegt geringere Schmerzintensität nach Knieoperationen bei zusätzlicher Verwendung von peripheren Nervenblockaden gegenüber einer alleinigen systemischen Schmerztherapie (8).

1.1.6 Komplikationen

Eine häufige Komplikation ist das postoperative Versagen, das heißt die unzureichende Schmerzreduktion durch den Schmerzkatheter. An der oberen Extremität wird über Versagerraten von 19% bei infraclaviculären Blockaden und 26% bei supraclaviculären Blockaden berichtet (9).

Bei einer Studie an freiwilligen Versuchspersonen wurde die korrekte Position des Katheters mittels Ultraschall kontrolliert. Die durchschnittliche Dislokationsrate nach 6 Stunden bei normalen Tätigkeiten wie essen und gehen betrug 15% (10).

Besonders bei infraclaviculären und supraclaviculären Blockaden besteht das Risiko eines Pneumothorax (11).

In einer Studie an 1416 Patientinnen und Patienten, die einen peripheren Schmerzkatheter erhalten hatten, wurden folgende schwerwiegende Komplikationen dokumentiert: Nervenverletzung, akutes respiratorisches Versagen, schwere Hypotension, systemische Lokalanästhetikaintoxikation, Krampfanfälle, Abszess (12).

Die Katheter wurden nach dem Entfernen mikrobiologisch untersucht, wobei sich in 28,7% eine bakterielle Besiedelung, meist mit Hautkeimen, nachweisen ließ (12).

In der Deklaration von Helsinki zur Patientensicherheit in der Anästhesiologie wird die Implementierung einer SOP bei Lokalanästhetikaintoxikation gefordert. Diese tritt zwar sehr selten auf, ist aufgrund ihrer lebensbedrohlichen kardialen Symptome wie Leitungsverzögerungen, Asystolie, Tachyarrhythmie sowie der neurologischen Komplikation eines generalisierten Krampfanfalles oft mit dem Tod von Patientinnen und Patienten verbunden (13).

Bei der Verwendung von postoperativen Schmerzkathetern nach Knieoperationen wird über eine erhöhte Rate von Stürzen stationärer Patientinnen und Patienten berichtet (14).

Es existieren Fallberichte über schwerwiegende Lähmungserscheinungen, zum Beispiel bei interscalenären Blockaden (15). Bei einem Patienten führte eine Verletzung des Plexus brachialis zu einer Denervierung der Musculi supraspinatus, infraspinatus, deltoideus sowie teilweise des Musculus biceps brachii, was zu starken Bewegungseinschränkungen führte.

Desweiteren litt der Patient an einer Parese des Nervus phrenicus mit daraus resultierender verminderter Lungenfunktion (16).

Es muss jedoch angemerkt werden, dass auch eine orale oder intravenöse Schmerztherapie bestimmte Risiken in sich birgt und die Anlage eines peripheren Schmerzkatheters ein Standardverfahren in der Anästhesie darstellt.

1.2 Lokalisierung der Nerven

1.2.1 Anatomische Landmarken

„*No paresthesias- no anesthesia*“, postuliert D.C. Moore 1953 und 1997 (17). Tatsächlich war das Auftreten von Parästhesien bis zur Einführung des Nervenstimulators der wichtigste Prädiktor für eine Injektion in der Nähe des Nervs. Exakte anatomische Kenntnisse und klinische Erfahrung waren essentiell für eine hohe Erfolgsrate. Um die Erfolgsrate zu erhöhen, wurden sehr große Volumina an Lokalanästhetika benutzt (18). Heute ist eine Punktion ohne Nervenstimulator oder Bildgebung durch Ultraschall aufgrund des hohen Risikos einer Nervenverletzung nur sehr schwer zu rechtfertigen und widerspricht gängigen Leitlinien (2).

1.2.2 Elektrische Nervenstimulation

Im Jahre 1962 publizierten Greenblatt und Denson erstmalig die Erfindung eines portablen elektrischen Gerätes, mit dessen Hilfe sich die Erfolgsrate von peripheren Nervenblockaden erhöhen und der Verbrauch von Lokalanästhetikum verringern ließ. Auch eine höhere Erfolgsrate bei anatomischen Varianten und übergewichtigen Patientinnen und Patienten wurde von ihnen erkannt (19). Die Vorteile der elektrischen Nervenstimulation gegenüber der vorherigen Methode haben sich mit der Zeit durchgesetzt und wurden weltweiter Standard.

Zur Stimulation motorischer Nerven wird ein Impuls mit einer Dauer von 0,1ms über die Stimulationselektrode abgegeben. Mithilfe der Impulsamplitude die notwendig ist, um eine motorische Reizantwort des Kennmuskels zu erreichen, kann abgeschätzt werden, ob sich die Nadelspitze in der Nähe des zu blockierenden Nervs befindet. Im allgemeinen beginnt man mit einer höheren Impulsamplitude von etwa 1-2mA und versucht durch Manipulation an der Nadel bei immer kleinerer Impulsamplitude eine Annäherung an den Zielnerven zu erreichen. Sind bei sehr geringer Impulsamplitude ($\leq 0,2\text{mA}$) immer noch Reaktionen des Kennmuskels sichtbar, besteht ein hohes Risiko einer intraneuralen Lage der Nadelspitze. Aus diesem Grund besteht die Empfehlung 0,5mA als unteren Grenzwert zu verwenden.

Eine Ausnahme bilden Patientinnen und Patienten, die an einer Polyneuropathie leiden. Aufgrund der herabgesetzten Leitfähigkeit ihrer Nerven, kann bei vermeintlich sicheren Stimulationsparametern der Nerv bereits gefährdet sein. Daher empfiehlt es sich, bei diesen Patientinnen und Patienten höhere Stimulationsamplituden als unteren Grenzwert zu verwenden (20).



Abbildung 1: Nervenstimulator der Firma Braun

1.2.3 Ultraschall

Mit Einführung der Ultraschallbildgebung in die Regionalanästhesie ergeben sich einige Vorteile für die ausführenden Ärztinnen und Ärzte. So ist zum Beispiel eine direkte Visualisierung der anatomischen Strukturen möglich (Abbildung 2: Ultraschallaufnahme des supraclaviculären Plexus brachialis vor

Medikamentenapplikation Abbildung 2) . Dies ist vor allem bei anatomischen Varianten von Vorteil (21).

Die Verteilung des injizierten Lokalanästhetikums ist in Echtzeit darstellbar und durch Änderung der Nadelposition beeinflussbar. Daraus ergibt sich die Möglichkeit die Menge an injiziertem Lokalanästhetikum zu verringern, ohne eine Beeinträchtigung der Wirkung befürchten zu müssen. Durch hochauflösenden Ultraschall konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass eine Blockade des N. Femoralis bereits mit 15ml einer 0,167%igen Lösung Ropivacain mit 90%iger Sicherheit möglich ist (22).

Ein weiterer Vorteil ergibt sich bei interskalenären und infraklavikulären Blockaden, wo durch direkte Bildgebung die parietale Pleura sichtbar gemacht werden kann. Dadurch sinkt das Risiko eines Pneumothorax (23).

Großen Einfluss auf die Sicherheit einer ultraschallgestützten Punktion hat die Sichtbarkeit der Nadel (24). Man unterscheidet grundsätzlich zwei Techniken: die „in plane“-Technik, bei der sich die Nadel in der Schallebene befindet und die „out of plane“-Technik, bei der sich die Nadel quer zur Schallebene befindet. Punktionen in „in plane“-Technik erfordern etwas mehr Zeit, sind technisch schwieriger und können eine etwas kürzere Anschlagzeit haben (25). Andere Untersuchungen konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Techniken feststellen. Daher wird jene Methode empfohlen, mit der die ausführenden Ärztinnen und Ärzte die meiste Erfahrung haben (26).

In einer randomisierten Studie konnte gezeigt werden, dass die Anlage einer ultraschallgestützten axillären Plexusblockade den Patientinnen und Patienten mehr Komfort bei geringeren Punktionsschmerzen bringt als die Anlage mittels Nervenstimulator (27).

Eine Metaanalyse zeigt eine deutliche Überlegenheit der ultraschallgestützten Ischiadicusblockade gegenüber der Anlage mittels Nervenstimulator. Die Erfolgsrate war bei geringerem Risiko einer Gefäßpunktion signifikant höher. Bei der Zeit, die für die Durchführung der Blockade notwendig war, wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt (28).



Abbildung 2: Ultraschallaufnahme des supraclaviculären Plexus brachialis vor Medikamentenapplikation

Aufgrund der ständigen Verbesserungen im Bereich der Ultraschalltechnik steigt das Auflösungsvermögen der Geräte bei sinkenden Preisen. Dadurch wird diese Technologie auch für kleinere Institutionen verfügbar und wohl zum zukünftigen Standard in der Anästhesie.

Technische Innovationen, wie mechanische oder laserunterstützte Nadelführung, elektromagnetische Nadelnavigationsysteme, echogene Nadeln (Abbildung 3) und Katheter sowie verbesserte Ultraschallqualität zeugen von einer rasanten technischen Entwicklung im Zusammenhang mit ultraschallgestützten Regionalanästhesieverfahren (29).

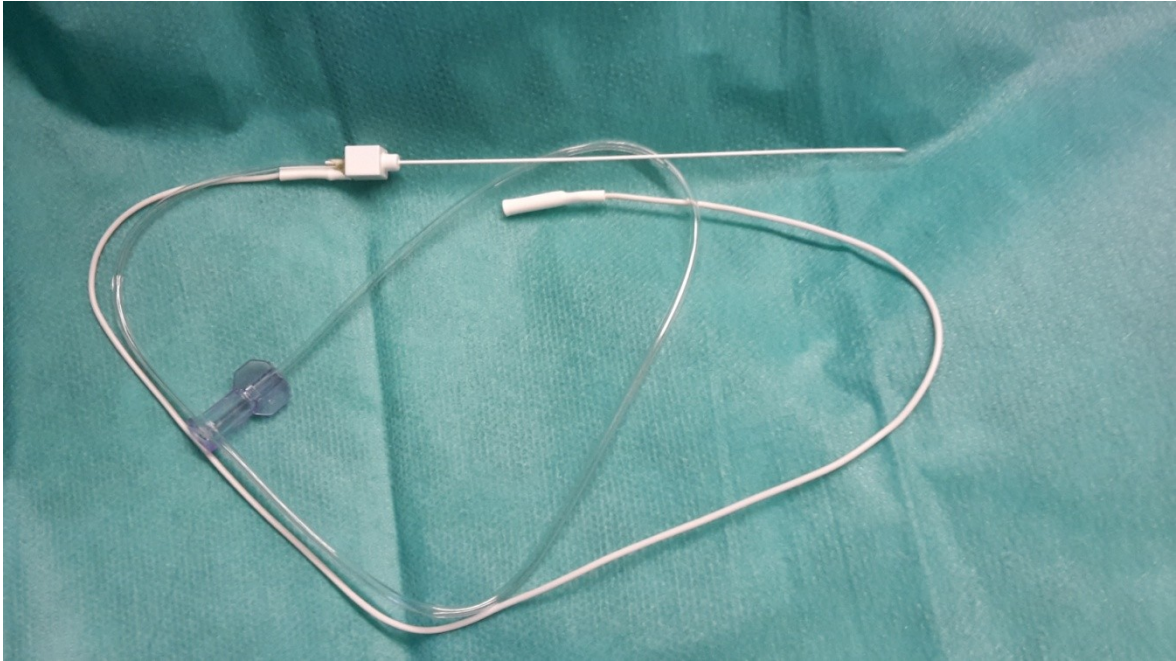


Abbildung 3: Echogene Stimulationsnadel mit Injektionsleitung

1.2.4 Kombinationen

Eine Kombination aus Nervenstimulator und Ultraschall bietet den Vorteil, dass die Zielstrukturen mit größerer Sicherheit erreicht werden und Katheter exakter positioniert werden können, sowie der Verbrauch von Schmerzmitteln reduziert wird (30).

Aus diesem Grund erfolgt die Anlage peripherer Nervenblockaden im klinischen Alltag meist mittels Kombination der beiden Verfahren.

1.3 Arzneimittel

An der Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin Graz werden bei der Anlage peripherer Schmerzkatheter standardmäßig Mepivacain und Ropivacain als Lokalanästhetikum verwendet. Im Allgemeinen werden Lokalanästhetika gut vertragen. Aufgrund ihrer möglichen systemischen Wirkung auf die kardiale Erregungsleitung ist bei Patientinnen und Patienten mit antiarrhythmischer Therapie oder AV Blockierungen besondere Vorsicht angebracht.

Bei intravasaler Injektion oder zu schneller Resorption können zum Teil lebensbedrohliche Reaktionen auftreten, die vor allem das zentrale Nervensystem und das kardiovaskuläre System betreffen. Die Symptome einer systemischen Lokalanästhetikaintoxikation sind in Tabelle 1 zusammengefasst .

Intoxikationsgrad	kardiovaskulär	zentralnervös
leicht	Hypertonie, Tachykardie	„psychisch auffällig“
mittel	Bradykardie, Extrasystolen, Hypotonie	Verwirrtheit, Ohrensausen, Benommenheit, metallischer Geschmack
schwer	Asystolie	Krampfanfall

Tabelle 1: Symptome einer Lokalanästhetikaintoxikation

1.3.1 Mepivacain

Mepivacain (Mepinaest™, Scandicain™) wird wegen der schnelleren Anschlagzeit zur Überprüfung der korrekten Katheterposition verwendet. Dazu wird meist ein Bolus von 300mg 1%igem Mepivacain verwendet. Das entspricht laut österreichischem Arzneimittelregister der Tageshöchstdosis (31). Daraus folgt, dass bei mehreren Kathetern die Mepivacaindosis aufgeteilt werden muss, oder die weiteren Blockaden nur mit Ropivacain durchgeführt werden. Die Wirkdauer beträgt 1,5 - 3 Stunden.

1.3.2 Ropivacain

Ropivacain (Naropin™) wird sowohl als „single shot“, als auch zur kontinuierlichen Infusion mittels PCRA- Pumpe verwendet. Als Klinikstandard wird in PCRA – Pumpen eine 0,2%ige Lösung verwendet. Je nach Lokalisation des Katheters und aktuellem Schmerzempfinden der Patientinnen und Patienten wird eine Basalrate von 3 - 10ml pro Stunde eingestellt. Bei Schmerzspitzen kann mit einem zusätzlichen Bolus eine schnelle Schmerzreduktion erreicht werden. Die maximale Dosis bei kontinuierlicher Infusion an peripheren Nerven wird im österreichischen Arzneimittelregister mit 10 - 20mg pro Stunde angegeben (32).

1.4 Blockadetechniken

1.4.1 Obere Extremität

An der oberen Extremität werden drei Katheterverfahren regelmäßig angewendet:

1.4.1.1 Interskalenäre Blockade

Das Ziel dieser Intervention ist eine Blockade des Plexus Brachialis. Indikationen für eine interskalenäre Blockade sind zum Beispiel Operationen an der Schulter und am proximalen Oberarm, physiotherapeutische Behandlungen an der Schulter (frozen shoulder) sowie eine Sympathikolyse. Als spezielle Kontraindikationen bei diesem Verfahren sind eine kontralaterale Parese des N. phrenicus oder des N. laryngeus recurrens zu nennen, da diese zu einer respiratorischen Insuffizienz führen kann (33).

1.4.1.2 Infraclaviculäre Blockade

Eine infraclaviculäre Blockade - als vertikal infraclaviculärer Block (VIB) - eignet sich vor allem bei Operationen am distalen Oberarm, am Unterarm und der Hand. Ihr Indikationsgebiet überschneidet sich mit dem der axillären Blockade, kann ihr allerdings überlegen sein, wenn ein Auslagern des Armes nicht möglich ist. Aufgrund der anatomischen Nahebeziehung kann es zu Gefäßpunktionen (V. cephalica, A. subclavia) kommen. Außerdem besteht das Risiko eines Pneumothorax, weshalb sich eine beidseitige Punktion verbietet. Wie bei der interskalenären Blockade ist eine kontralaterale Parese des N. phrenicus oder des N. laryngeus recurrens ebenfalls eine Kontraindikation (33).

1.4.1.3 Axilläre Blockade

In dieser Region befindet sich der Plexus brachialis zusammen mit der A. und V. axillaris in einer bindegewebigen Gefäß-Nerven-Scheide. Zur Prävention intravasaler Punktionen empfiehlt sich hier die Verwendung eines Ultraschallgerätes. Die Indikationen dieser Blockade entsprechen im wesentlichen jenen der infraclaviculären Technik. Durch den hohen Abgang des N. musculocutaneus muss dieser oft separat blockiert werden, um eine Toleranz der Blutsperrung bei Operationen zu erreichen (33).

1.4.2 Untere Extremität

An der unteren Extremität werden zwei Katheterverfahren regelmäßig angewendet:

1.4.2.1 N. femoralis Blockade

Eine Blockade des N. femoralis empfiehlt sich vor allem bei Operationen im Bereich des Kniegelenkes und bei Tibiakopffrakturen. An der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Graz ist diese Blockade das häufigste Einsatzgebiet für PCRA-Pumpen. Oft wird das Verfahren zusätzlich mit einer „single shot“ Blockade des N. ischiadicus oder N. obturatorius ergänzt, um eine weitere Schmerzreduktion zu erreichen (34).

1.4.2.2 N. ischiadicus Blockade

Zur Blockade dieses Nervs bestehen viele verschiedene Verfahren. Es können proximale und distale Blockaden sowie anteriore, laterale, dorsale und transgluteale Zugangswege ausgewählt werden. Aufgrund des großen Nerv-Haut-Abstandes bei transglutealer Punktion muss zur Durchführung ein Konvexschallkopf verwendet werden. Je nach Mobilität der Patientinnen und Patienten sowie klinischer Erfahrung der Ärztinnen und Ärzte muss die optimale Technik gewählt werden. Die Indikation für diese Blockade können Operationen am Kniegelenk, Unterschenkel und im Fußbereich sein. Besonders nach Amputationen in diesem Bereich kann eine kontinuierliche suffiziente regionale Schmerztherapie die Entwicklung eines CRPS verhindern (33).

1.5 Punktionstechnik

Für die Anlage eines PCRA-Katheters wird zuerst die zu blockierende Struktur ausgewählt. Nach Desinfektion des Hautareals wird (eventuell unter Lokalanästhesie der Einstichstelle oder Analgosedierung) die Punktion vorgenommen. Die Injektion des Lokalanästhetikums kann nach negativer Aspirationsprobe bereits über die Punktionsnadel erfolgen. So wird das Gewebe um den Nerv bereits mit Flüssigkeit geweitet und der Katheter kann in diesen Raum vorgeschoben werden.

Der Katheter wird etwa 3 – 5cm über die Nadelspitze vorgeschoben, um eine Reservestrecke für einen eventuellen Katheterrückzug zu erhalten. Der Haut-Nerv- Abstand und der Haut- Katheterspitze- Abstand werden im PCRA-Protokoll dokumentiert.

Der Katheter wird mit einem Konnektor und einem Bakterienfilter versehen und an den Patientinnen und Patienten angeklebt. Nun kann eine PCRA- Pumpe angeschlossen werden.

1.5.1 Fixierung

Die Fixierung des eingeführten Katheters muss sehr sorgfältig erfolgen, um die Rate an Dislokationen so gering wie möglich zu halten. Außerdem muss eine sterile Versorgung der Einstichstelle erfolgen, um einer Infektion vorzubeugen. Um das Risiko einer Infektion oder Dislokation zu senken, kann der Katheter einige Zentimeter subkutan untertunnelt und dann ausgeleitet werden. Dieses Vorgehen bietet auch den Vorteil einer zusätzlichen Fixierung des Katheters. Allerdings wird diese Maßnahme nicht bei jeder Katheteranlage durchgeführt. Eine weitere Fixierung des Katheters erfolgt mit Steristrips™. Zum Schluss wird der Katheter steril verbunden.

Eine Inspektion des Katheters erfolgt bei den regelmäßigen Visiten des Schmerzdienstes und wird dokumentiert.

2 Material und Methoden

2.1 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte durch eine retrospektive Auswertung der standardisierten Überwachungsprotokolle zur PCA an der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Graz. Eine Genehmigung durch die Ethikkommission lag vor (EK Nummer: 25-559 ex 12/13).

Die Daten wurden personenbezogen gesammelt, um eventuelle Unklarheiten aus der Patientengeschichte zu klären. Dies war allerdings in der Auswertung nicht notwendig.

Die handschriftlichen Daten aus den Überwachungsprotokollen wurden in eine Excel-Tabelle übertragen und in das Statistikprogramm SPSS™ von IBM exportiert und ausgewertet.

Dabei wurden folgende Daten erhoben:

- Das Geburtsdatum der Patientinnen und Patienten
- Die Größe der Patientinnen und Patienten
- Das Gewicht der Patientinnen und Patienten
- Das Datum der Operation (der Katheteranlage)
- Die Art der Operation
- Die Art des Katheters
- Die Menge und Substanz des Erstbolus
- Die Wirksamkeit des Katheters
- Die Verwendung von Ultraschall bei der Katheteranlage
- Die Verwendung eines Elektrostimulators bei der Katheteranlage
- Die Stimulationparameter (Milliampere, Millisekunden)
- Der Abstand zwischen Haut und Nerv
- Der Abstand zwischen Haut und Katheterspitze
- Die Tunnelierungsstrecke
- Die Laufrate der PCRA-Pumpe
- Die Anzahl der Punktionsversuche
- Die Aspiration von Blut bei der Punktion
- Der Nervenkontakt bei der Punktion
- Der Rückzug des Katheters

Folgende Daten wurden in SPSS™ berechnet:

- Das Alter der Patientinnen und Patienten bei Katheteranlage

2.1.1 Einschlusskriterien

Alle Patientinnen und Patienten, die in der Zeit vom 01.01.2011 bis zum 31.12.2014 an der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin mit einem Schmerzkatheter versorgt wurden, konnten in die Studie eingeschlossen werden, sofern keine Ausschlusskriterien vorlagen. Insgesamt wurden 711 Patientinnen und Patienten in die Studie eingeschlossen.

2.1.2 Ausschlusskriterien

Patientinnen und Patienten, bei denen die Dokumentation unvollständig oder unleserlich war, mussten von der Studie ausgeschlossen werden. Ebenso Patientinnen und Patienten, denen der Schmerzkatheter in einem auswärtigen Krankenhaus angelegt wurde, da durch die Überstellung an die Universitätsklinik die Daten zur Katheteranlage nicht verfügbar waren.

2.1.3 Einteilung der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der einzelnen Schmerzkatheter wurde von den behandelnden Ärztinnen und Ärzten postoperativ beurteilt und in einer Tabelle der Schmerzzambulanz dokumentiert. Dabei wurden vier verschiedene Gruppen unterschieden:

- **Primär wirksam:** postoperativ sind die Patientinnen und Patienten im Versorgungsgebiet des blockierten Nervs schmerzfrei
- **Nach Korrektur wirksam:** postoperativ wird der Katheter wegen Schmerzen im Versorgungsgebiet des blockierten Nervs um 1-2cm zurückgezogen und ein Bolus Ropivacain verabreicht. Dadurch werden die Patientinnen und Patienten schmerzfrei

- **Nach Korrektur unwirksam:** postoperativ wird der Katheter wegen Schmerzen im Versorgungsgebiet des blockierten Nervs um 1-2cm zurückgezogen und ein Bolus Ropivacain verabreicht. Die Patientinnen und Patienten beklagen sich trotzdem über Schmerzen, der Katheter wird entfernt
- **Primär unwirksam:** postoperativ beklagen sich die Patientinnen und Patienten über Schmerzen im Versorgungsgebiet des blockierten Nervs. Auf eine Korrektur wird verzichtet, da der Katheter bereits zu weit disloziert ist

2.2 Datenanalyse

Der Datensatz wurde mithilfe von Microsoft Office Excel 2007 erstellt.

Die Analyse der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS™ Version 22 von IBM. Dabei wurden die Daten mithilfe der deskriptiven Statistik untersucht und mittels Chi-Quadrat-Test bezüglich ihrer Signifikanz bewertet.

Die Daten wurden zuerst unabhängig davon untersucht, ob die Anlage des Schmerzkatheters mittels Nervenstimulator, Ultraschall oder einer Kombination der beiden Verfahren durchgeführt wurde. Dies geschah, um einen Überblick über die Verteilung der Studienpopulation zu gewinnen und ihre Zusammensetzung zu beschreiben. Dabei konnten auch seltene Ereignisse wie Blutaspiration bei Katheteranlage und Mehrfachpunktionen erfasst werden.

In einem zweiten Schritt wurden die Patientinnen und Patienten in drei Gruppen geteilt, um die eigentliche Frage zu klären, ob sich Unterschiede in der Wirksamkeit je nach Katheteranlageverfahren feststellen lassen. Die drei Gruppen waren:

- Katheteranlage mit Hilfe des Nervenstimulators
- Katheteranlage mit Hilfe von Ultraschall
- Katheteranlage mit Hilfe einer Kombination aus Nervenstimulator und Ultraschall

Zur Verteilung der Gruppen muss noch angemerkt werden, dass vor allem im Jahr 2011 die Anlage der Schmerzkatheter mithilfe des Nervenstimulators die häufigste Methode war, da zu diesem Zeitpunkt nur ein Leihgerät für diesen Verwendungszweck zu Verfügung stand. Im weiteren Verlauf nahm die Anzahl der Punktionen, bei denen Ultraschall verwendet wurde, stark zu. Welches Hilfsmittel verwendet wurde, lag im Ermessen der durchführenden Ärztinnen und Ärzte.

Zum Schluss wurden die Gruppen, in denen ein Nervenstimulator verwendet wurde, nochmals unterteilt. Ein Grenzwert von 0,3mA wurde gewählt, um zu überprüfen, ob Schmerzkatheter über diesem Grenzwert eine höhere Quote an postoperativem Versagen zeigen, oder ob Katheter unter diesem Grenzwert zu einer besseren Wirksamkeit führen.

3 Ergebnisse

3.1 Anlageunabhängige Ergebnisse

3.1.1 Alter der Patientinnen und Patienten

Das durchschnittliche Alter der Patientinnen und Patienten betrug 60,72 Jahre, bei einer Standardabweichung von 16,806 Jahren. Das minimale Alter betrug 15 Jahre, das maximale Alter 92 Jahre.

3.1.2 Anlageart

Wie zu erwarten war, wurde in der überwiegenden Anzahl der Fälle das Zielgebiet mittels Nervenstimulator aufgesucht. Oft wurde dieses Verfahren mittels Ultraschall unterstützt, um die Verteilung des Lokalanästhetikums visuell darzustellen. Nur bei einer geringen Anzahl an Punktionen wurde vollkommen auf den Nervenstimulator verzichtet und das Zielgebiet ausschließlich mithilfe von Ultraschall identifiziert (Abbildung 4).

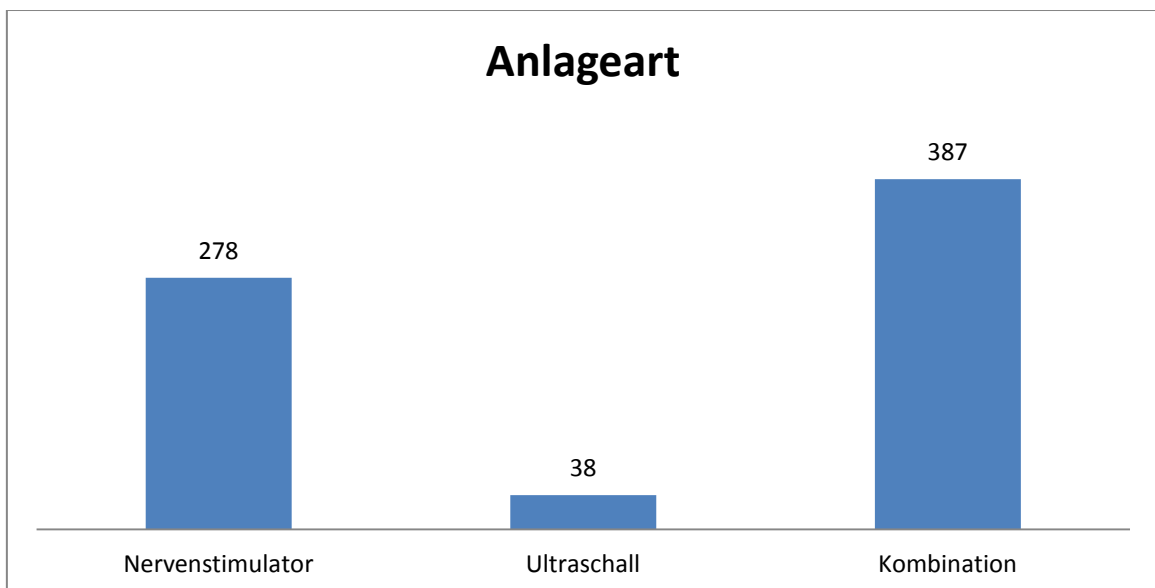


Abbildung 4: Anlageart

3.1.3 Wirksamkeit

Unabhängig von Anlagetechnik verteilten sich die Patientinnen und Patienten folgendermaßen auf die vier definierten Gruppen (Tabelle 2):

Wirksamkeit	Häufigkeit	Prozent
Nach Korrektur unwirksam	20	2,8
Nach Korrektur wirksam	28	3,9
Primär unwirksam	67	9,4
Primär wirksam	596	83,8
Gesamtsumme	711	100

Tabelle 2: Einteilung nach Wirksamkeit

3.1.4 Katheterart

Im Studienzeitraum kamen folgende Katheterarten zum Einsatz:

- Nervus femoralis Blockade (n= 416)
- Axilläre Plexus brachialis Blockade (n= 110)
- Interskalenäre Blockade des Plexus brachialis (n= 101)
- Nervus ischiadicus Blockade (n= 71)
- Supraclaviculäre Blockade des Plexus brachialis (n= 9)
- Vertikal infraclaviculäre Blockade des Plexus brachialis (n= 4)

Die Verteilung ist in Abbildung 5 veranschaulicht:

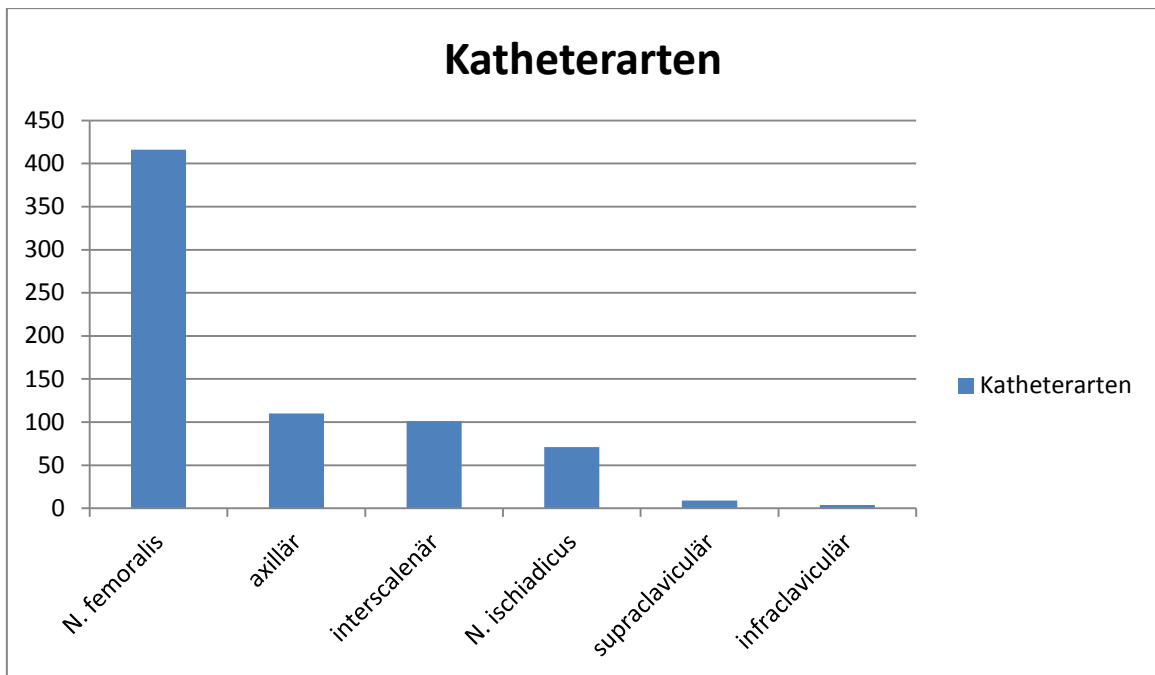


Abbildung 5: Katheterarten

3.1.5 Indikationen

Die Indikationen für eine PCRA-Pumpe waren sehr vielfältig. Auffällig war besonders der hohe Anteil an Knieendoprothesen. Diese waren in 45,9% (n= 326) der Fälle der Grund für die Anlage eines Schmerzkatheters. Weiters waren komplexe Handverletzungen, Schulteroperationen, Fingerreplantationen und Tibiakopffrakturen häufige Indikationen.

3.1.6 Blutaspiration

In 1,8% (n= 13) der Fälle konnte bei der Lagekontrolle Blut aspiriert werden. Dies geschah unabhängig davon, ob bei der Anlage des Katheters ein Nervenstimulator (n= 7), Ultraschall (n= 1) oder beide Hilfsmittel (n= 5) verwendet wurden. Eine statistisch signifikante Aussage lässt sich aufgrund der geringen Fallzahl allerdings nicht treffen.

3.1.7 Mehrfachpunktion

In 3,4% (n= 24) der Fälle wurden Mehrfachpunktionen dokumentiert. Die Anzahl der maximalen Punktionsversuche war vier (n= 1). Auch hier lassen sich aufgrund der geringen Fallzahl keine signifikanten Vergleiche zwischen den Anlagetechniken ziehen.

3.1.8 Nervenpunktion

In keiner der drei Gruppen wurde eine Nervenpunktion dokumentiert.

3.2 Anlageabhängige Ergebnisse

3.2.1 Anlageabhängige Wirksamkeit

Die Auswertung der postoperativen Wirksamkeit in Abhängigkeit von der verwendeten Methode ergab einen Vorteil für die Gruppen, in denen ein Nervenstimulator verwendet wurde (Abbildung 6). Allerdings muss angemerkt werden, dass vor allem die Ultraschallgruppe verhältnismäßig klein war (Abbildung 4).

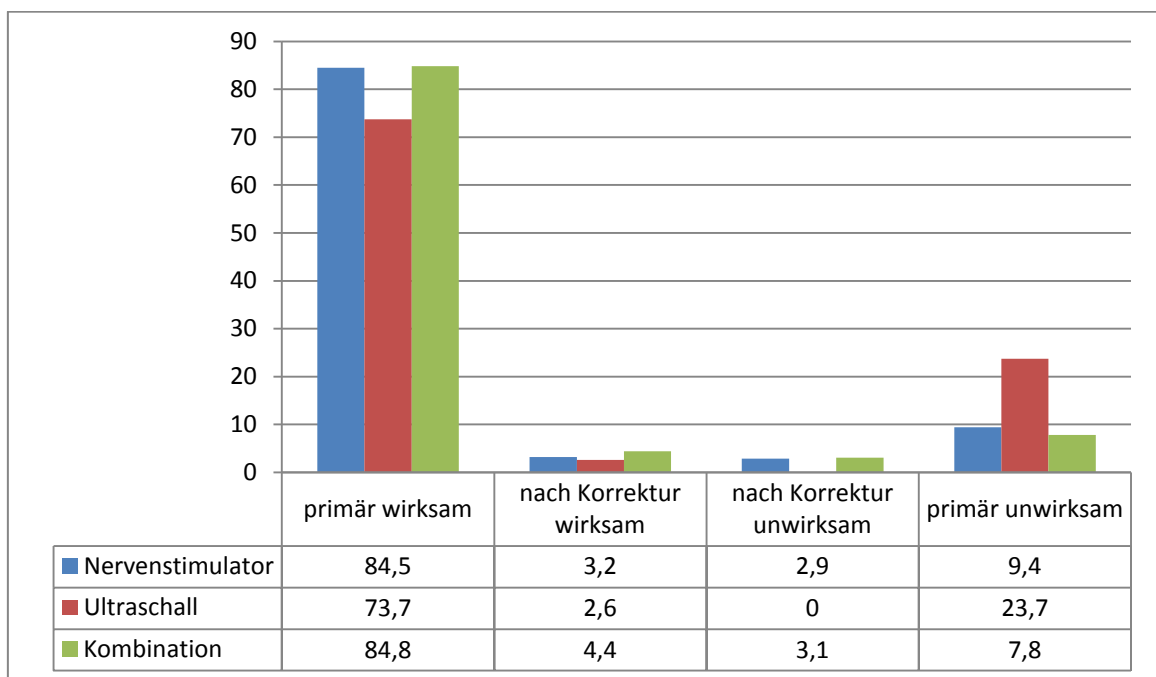


Abbildung 6: Anlageabhängige Wirksamkeit in Prozent

3.2.2 Stimulationsparameter

In Fällen, bei denen ein Nervenstimulator verwendet wurde, konnten folgende Daten erhoben werden:

Die Dauer des Stimulationssignals war in allen Fällen 0,1 ms und entsprach somit dem Klinikstandard. Die verwendete Stromstärke befand sich in einem Bereich von 0,2mA bis 1,0 mA. Durchschnittlich wurde mit 0,42 mA stimuliert.

3.2.3 Wirksamkeit bei niedrigen Stimulationsparametern

Bei der Untersuchung, ob Stromstärken bis 0,3 mA mit einer niedrigeren Versagerrate korrelieren, konnte kein signifikanter Unterschied ($p= 0.995$) festgestellt werden (Abbildung 7).

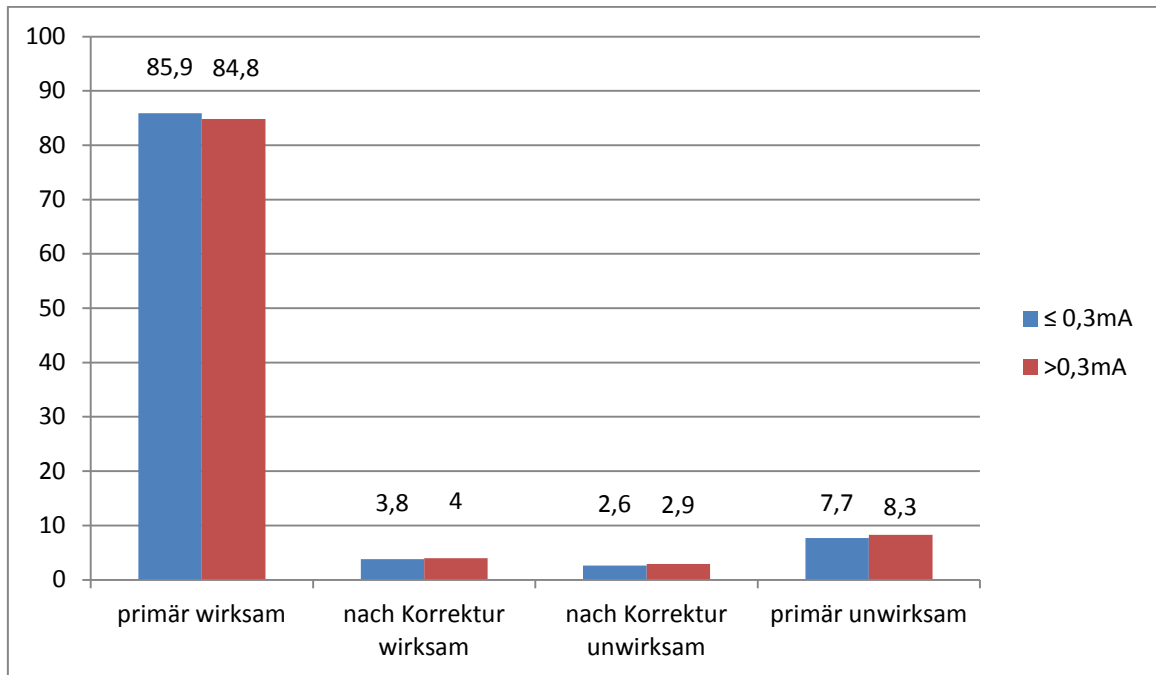


Abbildung 7: Prozentuelle Wirksamkeit in Abhängigkeit von der Stromstärke

4 Diskussion

4.1 Anlageart

Durch die vorliegenden Daten wird deutlich, dass der Verwendung von Ultraschall bei der Anlage peripherer Schmerzkatheter ein immer höherer Stellenwert zugestanden wird und in westlichen Ländern zum Standard werden könnte (35).

Seit ein Ultraschallgerät an der Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin für diesen Zweck vorhanden ist, wird es nahezu regelhaft zumindest zusätzlich zum Nervenstimulator verwendet. Dieser zusätzliche Aufwand spricht dafür, dass sich die behandelnden Ärztinnen und Ärzte eine Verbesserung der Anlagebedingungen erwarten.

Vor allem bei schwierigen Ausgangsbedingungen, wie schlechter Stimulierbarkeit oder starkem Übergewicht, konnte bereits ein großer Nutzen von Ultraschallbildgebung bei peripheren Nervenblockaden gezeigt werden (36).

Der Vorschub des Katheters unter direkter Ultraschallkontrolle sollte zu einer erhöhten Erfolgsrate führen. Diese Hypothese konnte durch die gesammelten Daten in der Ultraschallgruppe nicht bestätigt werden. Gründe dafür könnten die geringe Gruppengröße, geringere praktische Erfahrung der Ärztinnen und Ärzte, sowie schwierige Ausgangssituationen sein. So lässt sich aus den Überwachungsprotokollen nachvollziehen, dass einige Patientinnen und Patienten aus der Ultraschallgruppe nicht stimulierbar waren (zum Beispiel aufgrund von Amputation der Kennmuskeln) oder der Nervenstimulator im Nachtdienst nicht funktionierte und somit nur noch das Ultraschallgerät als Hilfsmittel übrig blieb. Ebenso fiel auf, dass die Katheteranlagen in der Ultraschallgruppe häufig von Assistenzärztinnen und Assistenzärzten durchgeführt wurden, während erfahrenere Oberärztinnen und Oberärzte die Kombination mit dem Nervenstimulator bevorzugten.

In einer Studie wurde der Wechsel des Klinikstandards von Nervenstimulator auf Ultraschallbildgebung bei der Anlage von axillären Blockaden untersucht. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass es bei ausreichender klinischer Erfahrung weder Änderungen im Bereich der Erfolgsrate noch bei der Anlagezeit gab.

Allerdings gaben die Patientinnen und Patienten in der Ultraschallgruppe eine größere Zufriedenheit während der Anlage an (37).

Generell gibt es bei der Verwendung von technischen Hilfsmitteln eine individuelle Lernkurve, die eine statistische Auswertung schwierig macht, da mathematische Korrekturfaktoren entlang der Zeitachse einer Studie angepasst werden müssten. Daher wurde die unterschiedliche klinische Erfahrung der durchführenden Ärztinnen und Ärzte in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Auch in großen Metaanalysen kann die Ultraschallgruppe nur mit einigen Limitationen mit der Nervenstimulatorgruppe verglichen werden. Eindeutige Ergebnisse gibt es für Erfolgsraten und die geringere Rate an Gefäßpunktionen in der Ultraschallgruppe. Die Schmerzwerte der Patientinnen und Patienten lassen sich durch die Anlageart hingegen nicht signifikant beeinflussen (38).

Bei einer Gegenüberstellung von Nervenstimulator und Ultraschall bei der Anlage von axillären Plexusblockaden ohne Einführung eines Schmerzkatheters („single shot“) konnten keine signifikanten Unterschiede in Erfolgsrate, Blockadequalität oder Patientenzufriedenheit festgestellt werden (39). Es stellt sich allerdings die Frage, ob sich diese Ergebnisse auch für periphere Schmerzkatheter übernehmen lassen.

Eine ähnliche Studie erforschte die Unterschiede bei interskalenären Plexuskathetern und kam zu dem Schluss, dass sich die beiden Gruppen in unerwünschten Gefäßpunktionen signifikant zugunsten der Ultraschallgruppe unterschieden (40).

Bei der Verwendung eines Nervenstimulators ergibt sich das Problem des unteren Stimulationsgrenzwertes. Dieser kann sich je nach Vorerkrankungen der Patientinnen und Patienten deutlich unterscheiden. Daher besteht die Gefahr einer intraneuralen Nadelposition und somit das Risiko einer irreversiblen Schädigung des Nervs. Mittels Neurostimulator kann eine intraneurale Katheteranlage nicht sicher ausgeschlossen werden (41).

Bei der Auswertung der Untergruppe mit Stimulationsparametern bis 0,3mA konnte keine bessere Wirksamkeit beobachtet werden. Dies deckt sich mit der Leitlinie, die einen Stimulationsbereich von 0,5-1mA empfiehlt (2).

Eine klare Unterlegenheit der Nervenstimulatorgruppe gegenüber der Ultraschallgruppe wird in der Literatur bei perkutaner Nervenstimulation angegeben (42). Dieses nichtinvasive Stimulationsverfahren wird allerdings an der Klinik nicht angewandt und war nicht Teil dieser Untersuchung.

4.2 Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der peripheren Schmerzkatheter in dieser Studie lässt sich allgemein als gut bezeichnen. Die in der Literatur je nach anatomischem Gebiet angegebenen Versagerraten von etwa 15-30% (9),(10) konnten deutlich unterschritten werden. Auffällig ist, dass die meisten Katheter intraoperativ gut funktionieren und postoperativ versagen. Daher sollte zukünftig vermehrt Augenmerk auf eine ausreichende Fixierung des Katheters sowie einen schonenden Umgang beim Umbetten von Patientinnen und Patienten gelegt werden.

In etwa 60% der Fälle konnte ein versagender Katheter durch Rückzug um 1-2cm gerettet werden. Eine vorherige Untersuchung eines ähnlichen Kollektives an der Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin Graz kam ebenfalls zu diesem Ergebnis (43). Daraus könnten sich Handlungsempfehlungen bei postoperativem Therapieversagen ableiten lassen. Dieses Vorgehen setzt allerdings voraus, dass der Katheter über eine längere Strecke nahe am Nerv liegt, was wiederum fast ausschließlich durch Ultraschallkontrolle gewährleistet werden kann.

4.3 Komplikationen

Als besonders erfreulich erwies sich die geringe Rate an Komplikationen im Untersuchungszeitraum. Es wurden weder Lokalanästhetikaintoxikationen, noch Nervenverletzungen oder ein Pneumothorax dokumentiert. Dieses Ergebnis bestätigt die klinische Erfahrung, dass ein peripherer Schmerzkatheter eine risikoarme Schmerztherapie gewährleistet. Daher sollte vor allem präoperativ bei passender Indikation immer an die Möglichkeit eines peripheren Schmerzkatheters gedacht werden.

4.4 Ausblick

Ein weiteres Verfahren zur postoperativen Schmerztherapie, die periartikuläre Medikamentenapplikation, wird von einigen Autoren bei der Implantation einer Kniegelenksprothese als ähnlich wirksam bezeichnet (44),(45). Dies hätte große klinische Konsequenz, da dieser Eingriff mit 46% die häufigste Indikation für einen peripheren Schmerzkatheter an der Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin ist.

Die weit weniger aufwendigen periartikulären Injektionen sind ohne technische Hilfsmittel durchführbar. Die Mobilität der Patientinnen und Patienten wäre eventuell schneller erreichbar und durch die fehlenden Katheter wäre eine Dislokation als Grund für das Versagen der Schmerztherapie ausgeschlossen. Allerdings lässt sich dieses Verfahren nicht beliebig auf andere Körperregionen übertragen.

Zukünftige Studien könnten den Nutzen einer solchen Behandlung bei dieser speziellen Indikation überprüfen.

4.5 Limitationen

Die gesammelten Daten wurden unabhängig vom Ausbildungsstand und der praktischen Erfahrung der durchführenden Ärztinnen und Ärzte ausgewertet. Auch in den zitierten Studien wurden die Interventionen von unterschiedlich erfahrenen Ärztinnen und Ärzten durchgeführt und sind somit nur bedingt miteinander vergleichbar.

Des Weiteren ist zu beachten, dass vor allem in der Ultraschallgruppe die Patientenzahl sehr niedrig ist und diese Gruppe zum Teil aus schwierigen, nicht mittels Nervenstimulator stimulierbaren Patientinnen und Patienten besteht.

Da die Zuteilung zu den Katheteranlageverfahren nicht randomisiert erfolgte, kann ein Selektionsbias der durchführenden Ärztinnen und Ärzte nicht ausgeschlossen werden. Eine prospektive, randomisierte Studie könnte in diesem Fall klare Ergebnisse bringen.

4.6 Conclusio

Der therapeutische Wert von postoperativen peripheren Schmerzkathetern ergibt sich nicht nur direkt aus einer Schmerzreduktion für Patientinnen und Patienten, sondern kann indirekt aufgrund der Prävention von Folgeerkrankungen die Morbidität und Mortalität der Patientinnen und Patienten verringern.

Die ultraschallgezielte Anlage eines peripheren Schmerzkatheters führt zu keiner Verbesserung der Wirksamkeit.

Durch Rückzug eines versagenden Schmerzkatheters um 1-2cm kann bei mehr als der Hälfte der Katheter eine ausreichende Wirkung erzielt werden.

Welches technische Hilfsmittel bei Anlage von peripheren Schmerzkathetern verwendet wird, hat vermutlich weit weniger Auswirkungen auf den Erfolg der Schmerztherapie als die Erfahrung der behandelnden Ärztinnen und Ärzte mit dem Hilfsmittel.

5 Literaturverzeichnis

1. Graf BM, Martin E. [Peripheral nerve block. An overview of new developments in an old technique]. *Der Anaesthesist*. 2001;50(5):312-22.
2. Steinfeldt T, Schwemmer U, Volk T, Neuburger M, Wiesmann T, Heller AR, et al. Nerve localization for peripheral regional anesthesia. Recommendations of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Der Anaesthesist*. 2014;63(7):597-602.
3. Kehlet H, Jensen TS, Woolf CJ. Persistent postsurgical pain: risk factors and prevention. *Lancet (London, England)*. 2006;367(9522):1618-25.
4. Aguirre J, Del Moral A, Cobo I, Borgeat A, Blumenthal S. The role of continuous peripheral nerve blocks. *Anesthesiology research and practice*. 2012;2012:560879.
5. Borgeat A, Schappi B, Biasca N, Gerber C. Patient-controlled analgesia after major shoulder surgery: patient-controlled interscalene analgesia versus patient-controlled analgesia. *Anesthesiology*. 1997;87(6):1343-7.
6. Danninger T, Opperer M, Memtsoudis SG. Perioperative pain control after total knee arthroplasty: An evidence based review of the role of peripheral nerve blocks. *World journal of orthopedics*. 2014;5(3):225-32.
7. Vandebroek A, Vertommen M, Huyghe M, Van Houwe P. Ultrasound guided femoral nerve block and lateral femoral cutaneous nerve block for postoperative pain control after primary hip arthroplasty: a retrospective study. *Acta anaesthesiologica Belgica*. 2014;65(1):39-44.
8. Xu J, Chen XM, Ma CK, Wang XR. Peripheral nerve blocks for postoperative pain after major knee surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2014;12:Cd010937.
9. Ahsan ZS, Carvalho B, Yao J. Incidence of failure of continuous peripheral nerve catheters for postoperative analgesia in upper extremity surgery. *The Journal of hand surgery*. 2014;39(2):324-9.
10. Marhofer D, Marhofer P, Triffterer L, Leonhardt M, Weber M, Zeitlinger M. Dislocation rates of perineural catheters: a volunteer study. *British journal of anaesthesia*. 2013;111(5):800-6.
11. Gauss A, Tugtekin I, Georgieff M, Dinse-Lambracht A, Keipke D, Gorsewski G. Incidence of clinically symptomatic pneumothorax in ultrasound-guided infraclavicular and supraclavicular brachial plexus block. *Anaesthesia*. 2014;69(4):327-36.

12. Capdevila X, Pirat P, Bringuier S, Gaertner E, Singelyn F, Bernard N, et al. Continuous peripheral nerve blocks in hospital wards after orthopedic surgery: a multicenter prospective analysis of the quality of postoperative analgesia and complications in 1,416 patients. *Anesthesiology*. 2005;103(5):1035-45.
13. Wiesmann T, Borntrager A, Steinfeldt T, Wulf H. [Helsinki Declaration on Patient Safety in Anaesthesiology -- SOP for local anesthetics intoxication]. *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS*. 2013;48(1):32-5.
14. Pelt CE, Anderson AW, Anderson MB, Van Dine C, Peters CL. Postoperative falls after total knee arthroplasty in patients with a femoral nerve catheter: can we reduce the incidence? *The Journal of arthroplasty*. 2014;29(6):1154-7.
15. Borgeat A, Aguirre J, Curt A. Case scenario: neurologic complication after continuous interscalene block. *Anesthesiology*. 2010;112(3):742-5.
16. Avellanet M, Sala-Blanch X, Rodrigo L, Gonzalez-Viejo MA. Permanent upper trunk plexopathy after interscalene brachial plexus block. *Journal of clinical monitoring and computing*. 2015.
17. Moore DC. "No paresthesias-no anesthesia," the nerve stimulator or neither? *Regional anesthesia*. 1997;22(4):388-90.
18. Marhofer P, Harrop-Griffiths W. Nerve location in regional anaesthesia: finding what lies beneath the skin. *British journal of anaesthesia*. 2011;106(1):3-5.
19. Greenblatt GM, Denson JS. Needle nerve stimulator/locator: nerve blocks with a new instrument for locating nerves. *Anesthesia and analgesia*. 1962;41:599-602.
20. Neuburger M, Schwemmer U, Volk T, Gogarten W, Kessler P, Steinfeldt T. [Localization of peripheral nerves. Success and safety with electrical nerve stimulation]. *Der Anaesthesist*. 2014;63(5):422-8.
21. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Kettner SC, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: part 1. *British journal of anaesthesia*. 2010;104(5):538-46.
22. Taha AM, Abd-Elmaksoud AM. Ropivacaine in ultrasound-guided femoral nerve block: what is the minimal effective anaesthetic concentration (EC90)? *Anaesthesia*. 2014;69(7):678-82.
23. Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Willschke H, Kirchmair L. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 2-recent developments in block techniques. *British journal of anaesthesia*. 2010;104(6):673-83.

24. Schafhalter-Zoppoth I, McCulloch CE, Gray AT. Ultrasound visibility of needles used for regional nerve block: an in vitro study. *Regional anesthesia and pain medicine*. 2004;29(5):480-8.
25. Mariano ER, Kim TE, Funck N, Walters T, Wagner MJ, Harrison TK, et al. A randomized comparison of long-and short-axis imaging for in-plane ultrasound-guided femoral perineural catheter insertion. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2013;32(1):149-56.
26. Fredrickson MJ, Danesh-Clough TK. Ultrasound-guided femoral catheter placement: a randomised comparison of the in-plane and out-of-plane techniques. *Anaesthesia*. 2013;68(4):382-90.
27. Bloc S, Mercadal L, Garnier T, Komly B, Leclerc P, Morel B, et al. Comfort of the patient during axillary blocks placement: a randomized comparison of the neurostimulation and the ultrasound guidance techniques. *European journal of anaesthesiology*. 2010;27(7):628-33.
28. Cao X, Zhao X, Xu J, Liu Z, Li Q. Ultrasound-guided technology versus neurostimulation for sciatic nerver block: a meta-analysis. *International journal of clinical and experimental medicine*. 2015;8(1):273-80.
29. Wiesmann T, Steinfeldt T, Volk T, Schwemmer U, Kessler P, Wulf H. [Seeing more : Technical innovations in regional anesthesia]. *Der Anaesthetist*. 2014;63(11):875-82.
30. Aveline C, Le Roux A, Le Hetet H, Vautier P, Cognet F, Bonnet F. Postoperative efficacies of femoral nerve catheters sited using ultrasound combined with neurostimulation compared with neurostimulation alone for total knee arthroplasty. *European journal of anaesthesiology*. 2010;27(11):978-84.
31.
https://aspregrister.basg.gv.at/aspregrister/faces/aspregrister.jspx?_afrLoop=5675663131472172&_afrWindowMode=0&_adf.ctrl-state=1dj68ghlf6_4. [21.06.2015].
32.
https://aspregrister.basg.gv.at/aspregrister/faces/aspregrister.jspx?_afrLoop=5675663131472172&_afrWindowMode=0&_adf.ctrl-state=1dj68ghlf6_4. [21.06.2015].
33. Meier G, Büttner J. Atlas der peripheren Regionalanästhesie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2006.
34. Benthien JP, Huebner D. Efficacy of continuous catheter analgesia of the sciatic nerve after total knee arthroplasty. *Swiss medical weekly*. 2015;145:w14119.

35. Marhofer P, Willschke H, Kettner S. Current concepts and future trends in ultrasound-guided regional anesthesia. *Current opinion in anaesthesiology*. 2010;23(5):632-6.
36. Lam NC, Petersen TR, Gerstein NS, Yen T, Starr B, Mariano ER. A randomized clinical trial comparing the effectiveness of ultrasound guidance versus nerve stimulation for lateral popliteal-sciatic nerve blocks in obese patients. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2014;33(6):1057-63.
37. Luyet C, Constantinescu M, Waltenspul M, Luginbuhl M, Vogelien E. Transition from nerve stimulator to sonographically guided axillary brachial plexus anesthesia in hand surgery: block quality and patient satisfaction during the transition period. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2013;32(5):779-86.
38. Schnabel A, Meyer-Friessem CH, Zahn PK, Pogatzki-Zahn EM. Ultrasound compared with nerve stimulation guidance for peripheral nerve catheter placement: a meta-analysis of randomized controlled trials. *British journal of anaesthesia*. 2013;111(4):564-72.
39. Meierhofer JT, Anetseder M, Roewer N, Wunder C, Schwemmer U. [Guidance of axillary multiple injection technique for plexus anesthesia. Ultrasound versus nerve stimulation]. *Der Anaesthesist*. 2014;63(7):568-73.
40. Danelli G, Bonarelli S, Tognu A, Ghisi D, Fanelli A, Biondini S, et al. Prospective randomized comparison of ultrasound-guided and neurostimulation techniques for continuous interscalene brachial plexus block in patients undergoing coracoacromial ligament repair. *British journal of anaesthesia*. 2012;108(6):1006-10.
41. Wiesmann T, Borntreger A, Vassiliou T, Hadzic A, Wulf H, Muller HH, et al. Minimal current intensity to elicit an evoked motor response cannot discern between needle-nerve contact and intraneural needle insertion. *Anesthesia and analgesia*. 2014;118(3):681-6.
42. Wegener JT, Boender ZJ, Preckel B, Hollmann MW, Stevens MF. Comparison of percutaneous electrical nerve stimulation and ultrasound imaging for nerve localization. *British journal of anaesthesia*. 2011;106(1):119-23.
43. Taferner L. Wirksamkeit von regionalanästhesiologischen Katheterverfahren im Akutschmerzdienst. Graz: Medizinische Universität Graz; 2015.
44. Fu H, Wang J, Zhang W, Cheng T, Zhang X. Potential superiority of periarticular injection in analgesic effect and early mobilization ability over femoral nerve block following total knee arthroplasty. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2015.

45. Wang C, Cai XZ, Yan SG. Comparison of Periarticular Multimodal Drug Injection and Femoral Nerve Block for Postoperative Pain Management in Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of arthroplasty*. 2015.