Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Anästhesiologie

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. h. c. M. Georgieff

Vergleich zweier Lokalanästhetika - Volumina für die distale laterale Nervus ischiadicus Blockade

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

von Martin Strehle
geboren in Ichenhausen
2015

Amtierender Dekan: Prof. T. Wirth

1. Berichterstatter: PD F. Wagner

2. Berichterstatter: Prof. G. Röderer

Tag der Promotion: 21.10.2016

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis **I**

Abkürzungsverzeichnis **III**

1. Einleitung **1**

1.1 Anästhesie bei operativen Eingriffen an den Extremitäten 2

1.2 Periphere Nervenblockaden 2

1.3 Anatomie des N. ischiadicus 4

1.4 Zugangswege zum N. Ischiadicus 5

1.5 Fragestellung der vorliegenden Studie 8

2. Material und Methoden **9**

2.1 Studiendesign 9

2.2 Patientengut 9

2.3 Punktion und Katheteranlage 10

2.4 Erhebung von Messdaten zur Effektivität der Ischiadicusblockade 12

2.4.1 Präoperative Messungen zur Blockade-Effektivität 12

2.4.2 Intraoperative Messungen zur Blockade-Effektivität 14

2.5 Postoperatives Schmerztherapie 15

2.5.1 Schmerzintensität in der postoperativen Phase 16

2.5.2 Patientenzufriedenheit in der postoperativen Phase 16

2.6 Abschließende Bewertung durch den Patienten 18

2.7 Statistik 18

3. Ergebnisse **19**

3.1 Demographische Daten 19

3.2 Punktion / Katheteranlage 20

3.3 Effektivität der Ischiadicusblockade 22

3.3.1 Präoperative Messungen 22

3.3.2 Intraoperative Blockade-Effektivität 31

3.3.3 Abhängigkeit der Blockade-Effektivität von der Reizantwort 35

3.4 Postoperative Schmerztherapie 38
3.4.1 Schmerzintensität in der postoperativen Phase 38
3.4.2 Patientenzufriedenheit 40
3.4.3 Wiederwahl des Verfahrens 40

4. Diskussion 42
4.1 Effektivität der Ischiadicusblockade 42
4.1.1 Präoperative Messungen zur Blockade-Effektivität 44
4.1.2 Intraoperative Blockade-Effektivität 47
4.1.3 Abhängigkeit der Blockadeeffektivität von der Reizantwort 48
4.2 Postoperative Schmerztherapie 49
4.3 Abschließende Bewertung durch die Studienteilnehmer 52

5. Zusammenfassung 54
6. Literaturverzeichnis 56
Danksagung 65
Lebenslauf 66

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
ASA	American society of Anesthesiologists
AWR	Aufwachraum
bzgl.	bezüglich
cm	Zentimeter
d. h.	das heisst
EKG	Elektrokardiogramm
et al.	und andere
Fa.	Firma
HF	Herzfrequenz
kg	Kilogramm
L	lumbale Nervenwurzel
LA	Lokalanästhetikum
M.	Musculus
mA	milli Ampere
MAC	Minimale alveoläre Konzentration
Min	Minuten
ml	Milliliter
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
MZP	Messzeitpunkt
N.	Nervus
Nn.	Nervi
NSAID	Nichtsteroidale Antiphlogistika
PONV	Postoperative nausea and vomiting
QoR	Quality of Recovery
RR	Blutdruckmessung nach Riva-Rocci
SpO_2	Sauerstoffsättigung
v. a.	vor allem

Abkürzungsverzeichnis

VAS	Visuelle Analog Skala
Z. n.	Zustand nach

1. Einleitung

Das Ziel jeder Narkose während einer Operation ist es, den Patienten vorübergehend in einen Zustand zu versetzen, der sowohl für den Patienten als auch für den Chirurgen eine optimale Durchführung des operativen Eingriffes erlaubt [49]. Dies kann durch eine Allgemeinanästhesie, Regionalanästhesie oder eine Kombination aus beiden erreicht werden.

Eine Allgemeinanästhesie erreicht eine ausreichende Narkose durch die Anwendung von Inhalations- bzw. Injektionsanästhetika und Opiaten. Jedoch gibt es dabei Nachteile, wie das Auftreten von postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV) sowie kreislaufdepressive Wirkungen v. a. bei älteren Patienten mit kardiovaskulären Vorerkrankungen [49].

Die Regionalanästhesie kann im entsprechenden Operationsgebiet eine komplette Anästhesie durch Injektion eines Lokalanästhetikums entweder rückenmarksnah oder an einem peripheren Nerv erreichen. Bei der Regionalanästhesie eines peripheren Nerven kann durch die Anwendung einer Kathetertechnik auch über die Operation hinaus eine adäquate Analgesie in der frühen und späten postoperativen Phase gewährleistet werden. So kann das postoperative Schmerzmanagement ohne die Gabe von systemisch wirkenden Opioiden durchgeführt werden [7, 49].

Eine Kombinationsanästhesie vereint die Vorteile der Allgemein- und Regionalanästhesie. Unter Deafferenzierung des Nervensystems durch eine rückenmarksnahe oder periphere Zufuhr eines Lokalanästhetikums kann infolge der kompletten Anästhesie eine Allgemeinanästhesie mit Inhalations- bzw. Injektionsanästhetika ohne langwirksame Opiate durchgeführt werden. Dadurch ist es bei einer optimalen Narkose möglich, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Nebenwirkungen möglichst gering zu halten. Insbesondere die Anwendung von Opioiden kann durch die regionalanästhesiologische Komponente deutlich reduziert werden [30].

1. Einleitung

1.1 Anästhesie bei operativen Eingriffen an den Extremitäten

Bei operativen Eingriffen im Bereich der Extremitäten haben Patienten häufig besonders starke Schmerzen. Auch heute noch werden Analgetika, insbesondere Opioide, aus Angst vor Nebenwirkungen wie Übelkeit, Erhöhung der Blutungsneigung, etc. zu selten oder in zu geringen Dosen verabreicht [30].

Eine Untersuchung der Universitätsklinik Ulm an einem unselektionierten traumatologischen Patientenkollektiv zeigte, dass insgesamt 96,5% der befragten Patienten mit der Anästhesie zufrieden waren. Dennoch beklagten 33% der Befragten neben Übelkeit und Erbrechen vor allem postoperative Wundschmerzen [6].

Zurzeit werden zur postoperativen Schmerztherapie zunehmend multimodale Anästhesie- und Schmerztherapiekonzepte angewandt [26, 30, 31]. Neben systemischen Opioidgaben und der Anwendung von NSAIDs werden hierzu auch regionale Nervenblockadeverfahren eingesetzt [3, 21, 41].

Besonders an der unteren Extremität haben sich periphere Nervenblockaden noch nicht nachhaltig durchgesetzt [25]. Ein Grund dafür dürfte die anatomische Komplexität der unteren Extremität sein, die oft Injektionen an verschieden Stellen zur vollständigen Anästhesie erfordert. Hinzu kommt, dass die untere Extremität im Gegensatz zur oberen Extremität durch eine einfache Spinal- oder Periduralanästhesie anästhesiert werden kann [35]. Jedoch konnte gezeigt werden, dass Herz-Kreislauf-Komplikationen signifikant seltener bei peripheren Nervenblockaden im Vergleich zur Spinalanästhesie auftreten [1, 2].

1.2 Periphere Nervenblockaden

Die Schmerzweiterleitung an einem peripheren Nerven erfolgt über die Weiterleitung von Aktionspotentialen entlang den Zellwandmembranen einzelner Nervenzellen. Ausgelöst werden Aktionspotentiale durch eine Depolarisation an dem jeweiligen Zellwandabschnitt über potentialabhängige Na-Kanäle der Zellwandmembran [32]. Lokalanästhetika blockieren reversibel diese potential-abhängigen Na-Kanäle und damit die Reizweiterleitung des Nerven. Dadurch wird ab der Injektionshöhe die Weiterleitung sowohl afferenter Signale von z. B. Schmerz- und Berührungssensoren, als auch efferenter Signale zur Skelett- und

Gefäßmuskulatur blockiert. Dies führt im betroffenen Areal zur Anästhesie, Analgesie, Parese und zur Erweiterung der Gefäße mit Anstieg der Hauttemperatur [7]. Laut Stevens et al. 2006 ist der Anstieg der Hauttemperatur ein sicheres, aber spätes Zeichen für eine erfolgreiche Ischiadicusblockade.

Eine Möglichkeit zur genauen Lokalisation des richtigen Abstandes der Injektionskanüle zum Nerv ist neben dem Ultraschall die Verwendung eines Nervenstimulators. Zum Aufsuchen des Nerven wird zunächst eine mit dem Nervenstimulator verbundenen Kanüle an dem entsprechenden Injektionsort mit einer Stromstärke von 1 mA eingeführt, bis eine motorische Reizantwort auftritt. Ist der Nerv durch das Auftreten der motorischen Reizantwort grob lokalisiert, kann durch eine Verminderung der applizierten Stromstärke die Lage der Injektionskanüle weiter optimiert werden. Kontraktionen des Kennmuskels bei einer Schwellenstromstärke von 0,2 – 0,3 mA zeigen die gewünschte Annäherung der Stimulationskanüle an den Nerv an [5, 17] .
Durch die Anwendung einer Kathetertechnik ist es möglich, über einen persistierenden Zugang zum Nerv weiterhin Lokalnästhetika zur Schmerztherapie zu applizieren. Insbesondere postoperative Schmerzen können so bis zu mehrere Tage lang über einen verweilenden Katheter mit Lokalanästhetika ohne den Einsatz von systemisch wirkenden Opioiden behandelt werden [7].

Regionalanästhesie an der unteren Extremität

Die untere Extremität wird über den Plexus lumbosacralis innerviert. Die beiden größten und wichtigsten Nerven sind der N. femoralis und der N. ischiadicus. Der N. femoralis (L1-L4) versorgt motorisch einige Muskeln am Oberschenkel und sensibel die Haut anterior medial am Oberschenkel. Sein rein sensibler Endast, der N. saphenus, innerviert die mediale Haut des Unterschenkels und des Fußes. Eine Blockade des N. ischiadicus hat für Eingriffe an der unteren Extremität eine besondere Bedeutung, da er die überwiegenden Anteile des knöchernen Bewegungsapparates sensibel versorgt. Der N. ischiadicus (L4-S3) mit motorischen und sensiblen Anteilen ist der größte periphere Nerv des Körpers [46].

1.3 Anatomie des N. ischiadicus

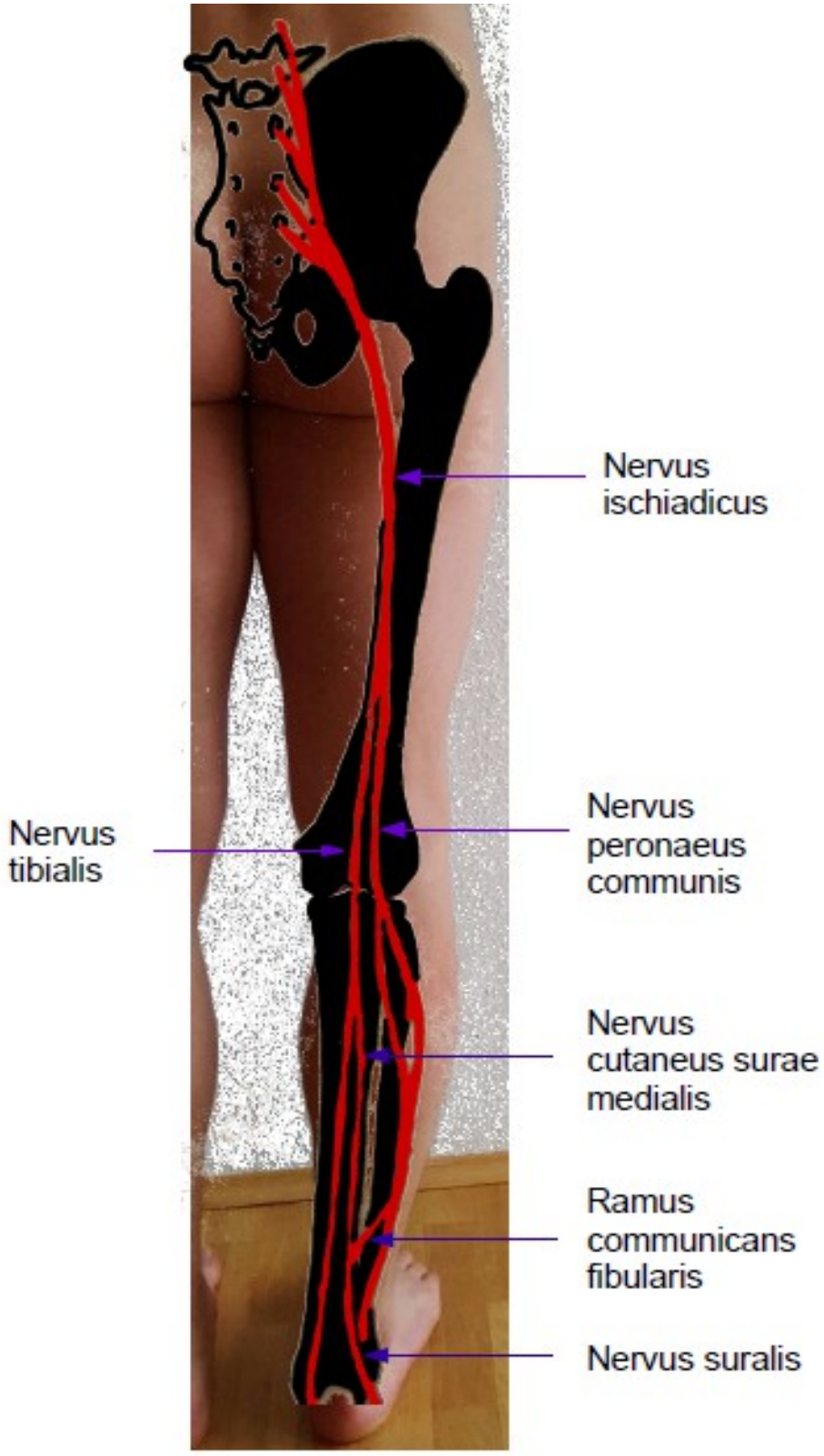


Abbildung 1: Nervus ischiadicus, nach [45].

Der N. ischiadicus verlässt das kleine Becken durch das Foramen infrapiriforme und zieht über den M.obturatorius internus, über die Mm. gemelli und über den M. quadratus femoris hinweg. Anschließend zieht er zwischen den tibialen und fibularen Flexoren des Oberschenkels nach distal. Am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel des Oberschenkels teilt er sich in seine beiden Hauptäste den N. tibialis und den N. peroneus communis. Allerdings unterliegt die Höhe der Teilungsstelle sehr großen Schwankungen [46].

Im Rahmen einer Sektionsstudie in der anatomischen Abteilung der Universität Ulm wurde die Bifurkationshöhe an 42 Leichenbeinen bestimmt. Dabei sollte eine für alle Individuen passende Punktionsstelle für eine Ischiadicusblockade oberhalb der Bifurkation untersucht werden. Als Punktionshöhe wurde eine Patientenhandbreite proximal der Patellaoberkante ausgewählt. Die Studie ergab, dass sich die Bifurkationshöhe immer distal der möglichen Punktionshöhe befand. Auf dieser Punktionshöhe ist es somit möglich, beide Anteile des N. ischiadius, den N. tibialis und den N. peroneus communis, mit einer Punktion zu blockieren [39].

Der N. tibialis versorgt motorisch am Oberschenkel die hintere Muskelgruppe sowie am Unterschenkel die Flexorengruppe und alle plantaren Fußmuskeln. Sensibel wird durch ihn die Fußsohle innerviert. Ein weiterer sensibler Ast des N. tibialis, der N. cutaneus surae medialis vereinigt sich mit dem R. communicans des N. peroneus communis zum N. suralis. Dieser innerviert sensibel die seitliche Fersenhaut und den lateralen Fußrand. Der N. peroneus communis versorgt sensibel die proximalen 2/3 der dorsolateralen Seite am Unterschenkel. Der N. peroneus superficialis versorgt motorisch den M. peroneus longus et brevis. Sensibel versorgt er den Fußrücken einschließlich des medialen Fußrandes. Der N. peroneus profundus innerviert die Extensorengruppe am Unterschenkel [46].

1.4 Zugangswege zum N. ischiadicus

Die in der Literatur beschriebenen Zugangswege zum N. ischiadicus lassen sich abhängig von der Punktionshöhe in zwei Gruppen einteilen: Proximale [4, 7, 33, 58] und distale Zugangswege [20, 23, 53, 60].

Um eine vollständige Blockade des N. ischiadicus zu erreichen, muss entweder ein Zugang oberhalb der Bifurkationshöhe gewählt werden, oder es müssen bei

einer Blockade unterhalb der Bifurkationshöhe möglicherweise beide Nervenäste einzeln blockiert werden [43, 61].
Viele distale Zugänge haben den Nachteil, dass sie sich oft unterhalb der Bifurkationshöhe des N. ischiadicus befinden, und damit die Hauptäste des Nerven separat blockiert werden müssen [53, 64]. Gerade bei bereits blockiertem ersten Nervenast könnte die weitere Punktion zum Auffinden des zweiten Astes mittels Nervenstimulator zu Nervenschädigungen führen [17, 43].
Distale Zugänge haben aber grundsätzlich den Vorteil, dass nur ein kleinerer Bereich eines Nervs blockiert werden muss und damit auch bei unerwünschten Nebenwirkungen, wie einer Nervenschädigung, nur ein kleinerer Bereich betroffen ist. Des Weiteren zeichnen sich distale Blockaden durch einen wesentlich kürzeren Weg zum Nerven aus [42].

Bei posterioren Zugängen müssen die oft traumatisierten Patienten meist unter Schmerzen umgelagert werden [53]. Der gemeinsame Vorteil aller lateralen Zugänge besteht darin, dass eine Umlagerung nicht erforderlich ist, sondern der Patient in Rückenlage bleiben kann [20, 53, 60, 64].

Um die Nachteile eines proximalen oder posterioren Zugangsweges zu vermeiden, wurde im Rahmen der vorliegenden klinischen Studie ein distaler lateraler Zugangsweg zum N. ischiadicus angewandt. Zudem wurde ein distaler Zugang gewählt, der eine sichere Punktion proximal der Bifurkationshöhe gewährleistete.

Für die Wahl unseres Zuganges waren folgende Kriterien entscheidend:

1. Keine Umlagerung des Patienten erforderlich
2. Einfache und individuelle Landmarken
3. Kurzer Weg zum Nerven (Haut- Nerven- Abstand)
4. Zugang sicher proximal der Bifurkation des N. ischiadicus
5. Einfache Katheteranlage

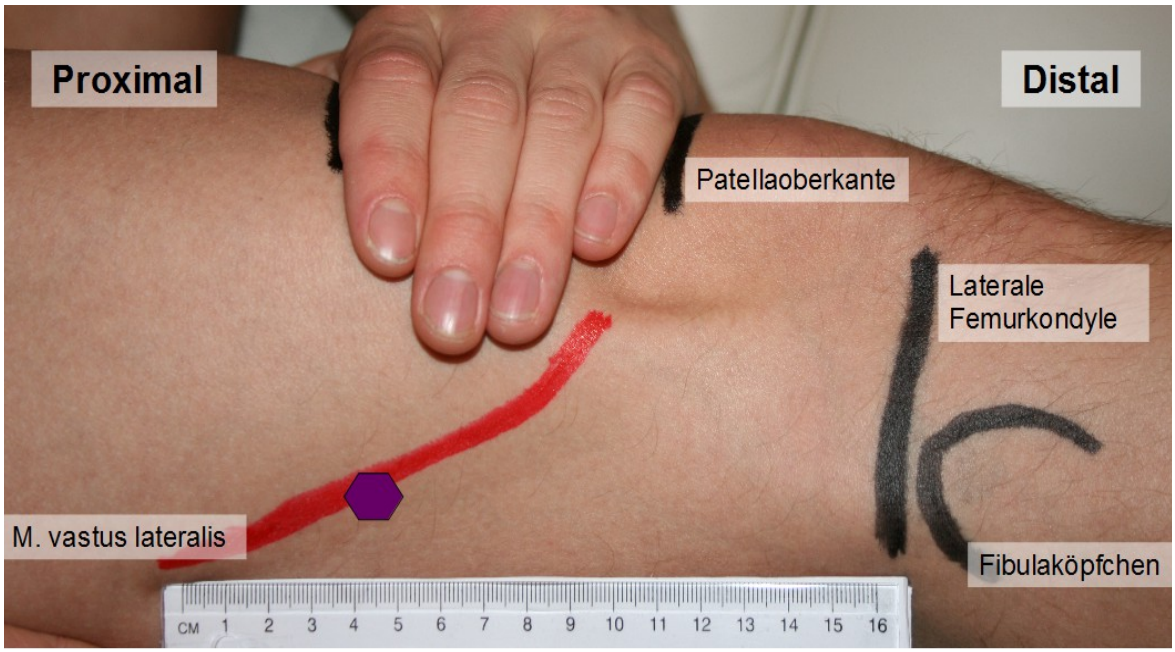


Abbildung 2: Distaler lateraler Zugang zum Nervus ischiadicus im Kniebereich. Gezeigt ist die laterale Ansicht des rechten Beines. M. = Musculus.

Die Injektionsstelle befand sich dabei eine Patientenhandbreite proximal des oberen Patellarandes knapp ventral der Sehne des Caput longum des M. biceps femoris. Die Stimulationskanüle wurde senkrecht zur Hautoberfläche und Beinachse eingestochen und in dieser Richtung weiter vorgeschoben, bis durch den Nervenstimulator eine Reaktion eines Kennmuskels auftrat. Dabei spielte es bei diesem Zugang keine Rolle, ob ein Kennmuskel des tibialen oder peronealen Anteils des N. ischiadicus stimuliert wurde, da sich eine Patientenhandbreite proximal der Patellaoberkante die Injektionsstelle oberhalb der Bifurkation des N. ischiadicus befindet. Deshalb musste nur ein Nervenast des N. ischiadicus identifiziert werden und die Blockade konnte durch eine einzige Injektion durchgeführt werden.

Zusätzlich erhielten unsere Studienteilnehmer grundsätzlich eine Vollnarkose, um nicht in die Situation zu kommen, während der Operation bei bereits meist in Seitenlage gelagertem Patienten eine eventuell nötige Vollnarkose durchführen zu

müssen. Außerdem wünschten die meisten Studienteilnehmer eine Vollnarkose, da sie von den operativen Maßnahmen unbehelligt bleiben wollten. Durch die Vollnarkose aller Teilnehmer war es möglich, die Studie an einem einheitlichen Patientenkollektiv durchzuführen.

1.5 Fragestellung der vorliegenden Studie

Zur Beurteilung der Blockadeeffektivität ergaben sich folgende Fragen:

- Unterscheiden sich zwei Gruppen mit unterschiedlichen Bolusvolumina Ropivacain 0,5% (20 ml versus 40 ml) hinsichtlich der Anschlagszeit der sensiblen bzw. motorischen Blockade bei der Ischiadicusblockade über einen distalen lateralen Zugangsweg?
- Wie hoch ist die intraoperative Blockadequalität, d.h. wie hoch ist der zusätzliche intraoperative Opiatbedarf in diesen beiden Gruppen?
- Lässt sich die Blockadequalität durch die bei der Punktion erhaltene Reizantwort voraussagen?

Zur Beurteilung der postoperativen Schmerztherapie über einen distalen lateralen Ischiadicuskatheter stellten sich zwei Fragen:

- Wie effektiv ist die postoperative Schmerztherapie unter Verwendung des distalen lateralen Ischiadicuskatheters, d. h. wie hoch wurde die postoperative Schmerzintensität durch die Patienten angegeben?
- Wie zufrieden waren die Patienten mit der postoperativ durchgeführten Schmerztherapie?

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Es handelt sich bei der vorliegenden Studie um eine randomisierte, kontrollierte und prospektive klinische Doppelblindstudie. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Universität Ulm bewilligt.

Alle an der Studie teilnehmenden Patienten wurden spätestens am letzten präoperativen Tag über die Art der Studie, deren Risiken und eventuelle Nebenwirkungen aufgeklärt. Anschließend unterzeichneten die Studienteilnehmer eine schriftliche Einverständniserklärung, mit der sie sowohl die Teilnahme an der Studie, als auch die Erlaubnis zur wissenschaftlichen Auswertung der erhobenen Daten und Messwerte, bestätigten.

2.2 Patientengut

Es wurden insgesamt 40 Patienten, die sich im Zeitraum vom 12. Juli 2004 bis zum 20. Januar 2006 in der Abteilung für Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Ulm (Ärztlicher Direktor: Professor Dr. L. Kinzl) einer Operation an der distalen unteren Extremität unterziehen mussten, in die Studie aufgenommen.

Folgende Kriterien mussten für die Aufnahme in die Studie erfüllt werden:

Einschlusskriterien

- Elektive traumatologische Operation am distalen Unterschenkel, am oberen Sprunggelenk oder am Fuß.

Ausschlusskriterien

- Schwangerschaft
- Alter unter 18 Jahren
- Notfalleingriff
- Systemischer Infekt
- Lokaler Infekt im Bereich der Injektionsstelle
- Z. n. Gefäßoperation im Bereich der A. poplitea

- Ablehnung der Studienteilnahme durch den Patienten
- Neuropathologische Erkrankungen

Gruppeneinteilung

Vor Studienbeginn wurden die Patienten anhand eines Randomisierungsprotokolls in zwei verschiedene Gruppen eingeteilt. Patienten der Gruppe I wurde 40 ml Ropivacain 0,5% und Patienten der Gruppe II 20 ml Ropivacain 0,5% als Bolus bei der distal lateralen Ischiadicusblockade injiziert. Die Gruppenzugehörigkeit wurde weder den Patienten noch dem Untersucher, der die Messungen zur präoperativen Blockadequalität durchführte, mitgeteilt.

Dokumentation:

Für den Zeitraum von Beginn der anästhesiologischen Maßnahmen bis zum Ende der Operation wurde für jeden Patienten ein Dokumentationsbogen geführt. In diesem wurden Parameter zur Katheteranlage, alle Messungen im Rahmen der präoperativen und operativen Beobachtungszeit, Verbrauch zusätzlicher Anästhetika und eventuelle Komplikationen festgehalten.

2.3 Punktion und Katheteranlage

Materialien:

Markierungsstift
Hautdesinfektion
Spritze und Kanüle für Hautquaddel und Stichkanalinfiltration
Nervenstimulator: Stimuplex HNS 11 (B. Braun Melsungen, Deutschland)
Stimulationskanüle: Contiplex D-Set: 55 mm Kanüle mit Teflonhülse, 15° Schliff
Katheter: Contiplex (B. Braun Melsungen, Deutschland)
Kompressen und selbstklebendes Verbandsvlies
Mepivacain 1% zur Stichkanalinfiltration (Astra-Zeneca, Großbritannien)
Ropivacain 0,5% (Naropin) (Astra-Zeneca, Großbritannien)
Steriles Lochtuch
Stoppuhr, Winkelmesser

Methodik:

Der Patient befand sich in entspannter Rückenlage in Neutral-Null-Stellung, beide Beine waren bequem ausgestreckt. Nach Anlage eines venösen Zugangs und Anschließen des Standardmonitorings (SpO_2, EKG, NIBD) wurde mit Anzeichnen der Landmarken begonnen. Es wurde eine Handbreite des Patienten (auf Höhe der Ossa metacarpale) von der Patellaoberkante als individuelles Maß nach proximal gemessen. Dort befand sich knapp über der Sehne des Caput longum des M. biceps femoris die Injektionsstelle, welche mit dem Markierstift gekennzeichnet wurde. Nach großflächiger Hautdesinfektion wurde das sterile Lochtuch über der Markierung befestigt und eine Haut- und Stichkanalinfiltration mit 2-3 ml Mepivacain 1% durchgeführt. Zur Anlage der distal lateralen Ischiadicusblockade wurde mit der Stimulationskanüle senkrecht zur Hautoberfläche und Beinachse bis ins subkutane Gewebe punktiert. Der Nervenstimulator wurde auf eine Stromstärke von 1 mA eingestellt und die Stimulationskanüle langsam weiter vorgeschoben, bis eine Reaktion eines Kennmuskels als motorische Reizantwort auftrat. Hierbei spielte es keine Rolle, ob eine Dorsalextension (peronealer Anteil des N. ischiadicus) oder Plantarflexion (tibialer Anteil des N. ischiadicus) als Reizantwort auftrat. Anschließend wurde die Reizstromstärke unter Beobachtung der Reizantwort langsam auf Werte zwischen 0,2 mA und 0,3 mA reduziert, bis keine motorische Antwort mehr sichtbar war. War die optimale Position erreicht, wurden nach negativer Aspirationskontrolle je nach Gruppenzugehörigkeit des Studienpatienten 20 oder 40 ml Ropivacain 0,5% (Naropin®) injiziert. Abschließend wurde die Stimulationskanüle entfernt und der Katheter über die in situ gehaltene Teflonkanüle eingeführt. Der Katheter wurde 5 cm über die Spitze der Einführungskanüle geschoben und anschließend am Oberschenkel fixiert.

Messungen

Bei der Anlage des distal lateralen Ischiadicuskatheters wurden mit Hilfe einer Stoppuhr folgende Messdaten erhoben:

- Zeit bis Identifikation der Landmarken: Zeitraum vom Abmessen des Handdurchmessers bis zur Markierung der Injektionsstelle.
- Zeit bis Reizantwort: Zeitraum zwischen Einstechen der Stimulationskanüle und Auftreten der ersten motorischen Reizantwort.
- Zeit bis Katheter: Zeitraum zwischen Einstechen der Stimulationskanüle und Fixierung des Katheters.

Die Eindringtiefe der Stimulationskanüle, welche an der Kanüle selbst abgelesen werden konnte, und der Einstichwinkel, der mit einem Winkelmesser bestimmt wurde, wurden im Dokumentationsbogen aufgenommen.

2.4 Erhebung von Messdaten zur Effektivität der Ischiadicusblockade

Zur Beurteilung der Effektivität der distal lateralen Ischiadicusblockade unter Verwendung zweier unterschiedlicher Bolusvolumina des Lokalanästhetikums Ropivacain 0,5% wurden verschiedene Parameter der sensiblen, motorischen und vegetativen Leitungsqualitäten des N. ischiadicus und seiner Äste untersucht. Dem Untersucher war die Gruppenzugehörigkeit und somit die Menge an injiziertem Lokalanästhetikum nicht bekannt.

2.4.1 Präoperative Messungen zur Blockade-Effektivität

Messzeitpunkte:

1. Messzeitpunkt 0: Vor Anlage des distalen lateralen Ischiadicuskatheters
2. Messzeitpunkt 1: 10 Minuten nach Injektion des Lokalanästhetikums
3. Messzeitpunkt 2: 20 Minuten nach Injektion des Lokalanästhetikums
4. Messzeitpunkt 3: 30 Minuten nach Injektion des Lokalanästhetikums
5. Messzeitpunkt 4: 40 Minuten nach Injektion des Lokalanästhetikums

Messorte am distalen Unterschenkel und Fuß:

1. N. peroneus communis: Haut am proximalen lateralen Unterschenkel über M. peroneus longus und peroneus brevis
2. N. peroneus superficialis: Haut am Fußrücken
3. N. suralis: Haut an der lateralen Ferse
4. N. tibialis: Haut an der Fußsohle

Gemessene Parameter:

1. Beeinflussung der Hauttemperatur durch die Ischiadicusblockade: Zur Messung der Effektivität der distal lateralen Ischiadicusblockade auf die Hauttemperatur wurde die Hauttemperatur an den jeweiligen Messorten zu den verschiedenen Messzeitpunkten bestimmt.

Material: Temperaturmesssonden (Fa. Datex – Ohmeda, Finnland), Pflaster

Messung: Die Temperaturmesssonden wurden mit einfachen Pflasterstreifen über den jeweiligen Messorten fixiert. Zu den fünf Messzeitpunkten wurde die Temperatur am Monitor abgelesen und ins Versuchsprotokoll eingetragen.

2. Sensible Nervenfasern: Untersucht wurde die Wirkung der distal lateralen Ischiadicusblockade auf die sensiblen Nervenfasern des N. peroneus communis, N. peroneus superficialis, N. suralis und N. tibialis.

Materialien: Injektionskanüle, Kapsel der Injektionskanüle, Wattetupfer mit kaltem NaCl 0,9% getränkt.

Messung: Unter Verwendung einer spitzen Injektionskanüle und deren stumpfer Kapsel wurde die Spitz- / Stumpf-Diskrimination untersucht. Des Weiteren wurde mit einem kalten Wattetupfer das Temperaturempfinden in den unterschiedlichen Versorgungsgebieten zu den einzelnen Messzeitpunkten untersucht.

Die Ergebnisse wurden jeweils auf einer Skala von 0 bis 2 bewertet:

0: Sensibilität vollständig erhalten: Patient kann komplett zwischen spitz/stumpf bzw. warm/kalt unterscheiden.

1: Sensibilität eingeschränkt: Patient kann nur eingeschränkt zwischen spitz/stumpf bzw. warm/kalt unterscheiden.

2: Vollständige sensible Blockade: Unterscheidung stumpf/spitz bzw. warm/kalt nicht mehr möglich. Patient empfindet nur noch grobe Berührung über entsprechendem Hautareal.

Definitionsgemäß musste in unserer Versuchsreihe zur Bewertung als vollständige sensible Ischiadicusblockade das Kälteempfinden mit einer 2 bewertet worden sein. Der Zeitpunkt der kompletten sensiblen Ischiadicusblockade bzw. deren Nichterreichen wurde im Versuchsprotokoll festgehalten.

3. Motorische Nervenfasern: Zur Messung der Effektivität der distalen lateralen Ischiadicusblockade auf die motorischen Nervenfasern wurde die Fähigkeit des Patienten zur Dorsalextension bzw. Plantarflexion des Fußes untersucht. Hierzu wurden die Kraftgrade bei Dorsalextension (peronealer Anteil des N. ischiadicus) und Plantarflexion (tibialer Anteil des N. ischiadicus) zu den verschiedenen Messzeitpunkten bestimmt.

Die Ergebnisse wurden auf einer Skala von 0 bis 2 bewertet.

0: Kraft vollständig erhalten. Kraftgrad 5/5

1: Inkomplette motorische Blockade. Kraftgrad >0/5 ; < 5/5

2: Komplette motorische Blockade; Kraftgrad 0/5

Zur vollständigen kompletten motorischen Ischiadicusblockade mussten sowohl eine komplette motorische Blockade der Dorsalextension als auch der Plantarflexion erfolgen. Der Zeitpunkt der kompletten motorischen Ischiadicusblockade bzw. deren Nichterreichen wurde im Dokumentationsbogen festgehalten.

2.4.2 Intraoperative Messungen zur Blockade-Effektivität

Alle Studienteilnehmer erhielten zusätzlich zur distal lateralen Ischiadicusblockade eine Allgemeinanästhesie. Zur Beurteilung der Effektivität der Ischiadicusblockade wurden während der Durchführung der Allgemeinanästhesie verschiedene Parameter erhoben:

Methodik:

Die Narkose wurde in üblicher Weise durchgeführt. Als Standardmonitoring wurde ein fortlaufendes EKG, eine nicht invasive Blutdruckmessung und eine Pulsoxymetrie durchgeführt. Zur Beatmung verwendeten wir bei Bauch- und Seitenlagerung des Patienten einen Intubationstubus, bzw. eine Larynxmaske bei Rückenlagerung des Patienten.

Bei der Narkoseeinleitung erhielt jeder Patient 0,003 mg/kg Körpergewicht Fentanyl, sowie Propofol in einer Dosierung von 2-3 mg/kg Körpergewicht. Die Patienten erhielten keine weitere Applikation eines langwirksamen Opioids. Vielmehr konnte bei einem zusätzlich notwendigen intraoperativen Analgesie-Bedarf das ultrakurzwirksame Opioid Remifentanil 50 µg/ml (Ultiva®, Glaxo Smith Kline, Großbritannien) verabreicht werden. Musste im Rahmen der Operation ein Hautschnitt im sensiblen Versorgungsgebiet des N. saphenus gemacht werden, wurde präoperativ eine Saphenusblockade mittels subcutaner Ringwallinfiltration distal des Knies mit Ropivacain 0,5% durchgeführt.

Zur Erhaltung der Narkose wurde als Inhalationsanästhetikum Desflurane bis maximal 3,5 Vol% endtidal verwendet und während der Operation die endexspiratorische Konzentration dokumentiert. Die höchste bei jedem Studienteilnehmer dokumentierte endtidale Konzentration wurde zur Beurteilung der Narkosetiefe ins Verhältnis zur Minimalen Alveolären Konzentration bezogen auf das Alter (MAC – Alter) gesetzt.

Den wichtigsten Parameter zur Beurteilung der Effektivität der Ischiadicusblockade während der intraoperativen Phase stellte der zusätzliche Bedarf an Remifentanil dar und wurde im Studienprotokoll vermerkt.

Zusätzlich wurden vor der Narkose, während der Operation sowie postoperativ im Aufwachraum die höchsten gemessenen Herzfrequenz- bzw. Blutdruckwerte als kardiozirkulatorische Parameter registriert.

2.5 Postoperative Schmerztherapie

In der vorliegenden Studie wurde bei allen Patienten der Gruppe I und II je nach Bedarf zwischen ein und sieben Tage eine postoperative Schmerztherapie über den distal lateralen Ischiadicuskatheter durchgeführt.

Material:

Schmerzpumpe (CADD-Prizm® II Pump, Model 6101; Smith Medical, Großbritannien)

Ropivacain 0,2% (Astra-Zeneca, Großbritannien)

Methodik:

Alle 40 Studienteilnehmer erhielten als kontinuierliche Basisinfusion Ropivacain 0,2% 5 ml/h über den präoperativ gelegten distal lateralen Ischiadicuskatheter. Zusätzlich konnten die Studienteilnehmer selbstständig bei Bedarf einen zusätzlichen Bolus von je 3 ml alle 15 Minuten injizieren.

2.5.1 Schmerzintensität in der postoperativen Phase

Die Patienten wurden postoperativ bis zur Entfernung des distal lateralen Ischiadicuskatheters täglich aufgefordert, ihre Schmerzen gemäß der „Visual Analog Scale“ (VAS) zu beschreiben. Das bedeutet, dass der Patient seine Schmerzen auf einer Skala von 0 (keine Schmerzen) bis 10 (unerträgliche Schmerzen) bewerten musste.

In unserer Studie wurden die täglichen VAS Werte sowohl in Ruhe als auch unter Belastung im Dokumentationsbogen festgehalten. Sollte ein Patient an einem Tag zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich starke Schmerzen empfinden, so wurde an diesem Tag der Mittelwert der VAS dokumentiert.

2.5.2 Patientenzufriedenheit in der postoperativen Phase

Während der postoperativen Phase wurde die Patientenzufriedenheit bzgl. der postoperativen Schmerztherapie untersucht

Material: QoR-Fragebogen (Quality of Recovery-Fragebogen) [15], VAS Messblatt

Nach der Operation wurden die Patienten im Aufwachraum und später auf Station aufgefordert, einen modifizierten QoR-Fragebogen (Quality of Recovery-Fragebogen) zur Beurteilung ihrer Zufriedenheit über den postoperativen Verlauf ihrer Genesung auszufüllen.

Patientenkleber

Vom Arzt auszufüllen:
Lfd. Nr.: _____
Std. seit AWR: _____
Tage seit OP: _____

Narkosefragebogen

Ischiadikus-Cath-Studie

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

bitte füllen Sie diesen Fragebogen vollständig und so wahrheitsgemäß wie möglich aus. Eventuelle negative Antworten haben sicher keinen Einfluss auf Ihre weitere medizinische Betreuung!

Bitte markieren Sie Ihre Angaben mit nur einem „X“ für jede Frage:			
Haben Sie sich insgesamt wohl gefühlt?	nie 0	manchmal 1	meistens 2
Haben Ihnen andere geholfen (Schwestern, Pfleger, Ärzte)?	nie 0	manchmal 1	meistens 2
Konnten Sie Erklärungen und Anweisungen verstehen?	nie 0	manchmal 1	meistens 2
Konnten Sie ohne Hilfe auf die Toilette und Ihre Körperpflege selbst erledigen?	nie 0	manchmal 1	meistens 2
Hatten Sie Probleme beim Wasserlassen oder Stuhlgang ?	nie 2	manchmal 1	meistens 0
Hatten Sie Probleme beim Atmen?	nie 2	manchmal 1	meistens 0
Hatten Sie Kopfschmerzen, Rückenschmerzen oder Muskelschmerzen?	nie 2	manchmal 1	meistens 0
Hatten Sie Übelkeit, mussten Sie würgen oder Erbrechen?	nie 2	manchmal 1	meistens 0
Hatten sie starke akute Schmerzen oder mittelstarke Dauerschmerzen?	nie 2	manchmal 1	meistens 0

Abbildung 3:

QoR-Fragebogen (Quality of Recovery-Fragebogen) nach Eberhart et al. (2002) [15].

Zusätzlich wurden die Studienteilnehmer am OP Tag selbst, sowie am ersten postoperativen Tag aufgefordert, ihre Zufriedenheit über den Verlauf der gesamten anästhesiologischen Maßnahmen bis zu diesem Zeitpunkt auf einer visuellen Analog-Skala von 1 bis 10 zu bewerten.

2.6 Abschließende Bewertung durch den Patienten

Nach der Entfernung des distalen lateralen Ischiadicuskatheters wurden die Patienten gebeten, ihre Zufriedenheit bezüglich des verwendeten Verfahrens auf einer Skala von 1 – 6 (sehr gut - ungenügend) zu bewerten.

2.7 Statistik

Zum Vergleich der beiden Behandlungsgruppen miteinander wurde für kategoriale Daten (z.B. Geschlecht) der exakte Test nach Fisher und für Nominal-Daten (z.B. Dauer der Katheteranlage) der Mann-Whitney U-Test angewandt. Signifikante Unterschiede innerhalb der Gruppe wurden mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bestimmt.

Ab $p < 0,05$ wurden Differenzen als statistisch signifikant gewertet. In Tabellen sind die Werte als Mittelwert ± Standardabweichung, sowie Minimum und Maximum angegeben. Die Abbildungen sind als Box Plot (Median, 25%- und 75%-Percentile, sowie Minimum und Maximum) präsentiert.

3. Ergebnisse

3.1 Demographische Daten

Insgesamt wurden 40 Patienten in die Studie aufgenommen und in zwei Gruppen randomisiert, wobei sich die Gruppen hinsichtlich demographischer Daten nicht signifikant unterschieden (siehe Tabelle 1). Das Alter lag in der Gruppe I im Durchschnitt bei 49 und in der Gruppe II bei 45 Jahren. Auch bezüglich Geschlechterverteilung, Körpergewicht sowie ASA-Klassifikation ergab sich kein signifikanter Unterschied. Alle Patienten mussten sich einem operativen Eingriff an der unteren Extremität im Fuß- oder Sprunggelenkbereich unterziehen.

Der folgenden Tabelle sind die wesentlichen demographischen Daten der beiden Studiengruppen zu entnehmen.

Tabelle 1: Demographische Daten der untersuchten Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006), dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwert ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima; p = Signifikanzniveau, ASA = American Society of Anesthesiologists.
m = männlich / w = weiblich

Gruppe	***I (40 ml Ropivacain)***	***II (20 ml Ropivacain)***	***p***
Anzahl	20	20	
Alter (Jahre)	49,0 ± 15,1 (19-69)	44,6 ± 13,9 (18-65)	0,19
Geschlecht (m/w)	11/9	14/6	
Größe (cm)	172,0 ± 8,5 (156 – 184)	174,3 ± 9,3 (155 - 187)	0,40
Gewicht (kg)	78,3 ± 12,7 (62 – 110)	82,1 ± 11,1 (61 – 101)	0,25
ASA-Klassifikation			
ASA I	7	6	
ASA II	8	10	
ASA III	5	4	

Fortsetzung Tabelle 1			
Gruppe	***I (40 ml Ropivacain)***	***II (20 ml Ropivacain)***	***p***
Operation Osteosynthese bei Frakturen	13	15	
Metallentfernung bei Zustand nach Fraktur	2	2	
Arthrodese	2	1	
Sonstige	3	2	

3. 2 Punktion / Katheteranlage

Die erhobenen Messdaten zur Punktion bzw. Anlage des Katheters zeigten im Vergleich der Gruppen keine signifikanten Unterschiede bzgl. des zeitlichen Ablaufs sowie der Patientenzufriedenheit. Allerdings ergab sich in Gruppe II eine signifikant größere Einstichtiefe der Nadel sowie folglich eine größere Kathetertiefe.

Als Reizantwort auf die elektrische Nervenstimulation wurde in Gruppe I am häufigsten eine Plantarflexion bei 12 von 20 beobachtet, während in Gruppe II die Dorsalextension bei 14 von 20 Studienteilnehmern die häufigste Reizantwort darstellte, d.h. in Gruppe II wurde häufiger eine Reizantwort des N. peroneus beobachtet.

Die Daten zeigen zudem, dass mit dem verwendeten Zugangsweg eine rasche Anlage eines distalen lateralen Ischiadicus-Katheters möglich ist. Die Zufriedenheit bzgl. der Punktion und Anlage des Katheters wurde von den Studienteilnehmern selbst gemäß Schulnoten von 1 bis 6 bewertet. In den Gruppen I und II wurde die Zufriedenheit über die Katheteranlage durchschnittlich mit 1,5 bzw. 1,4 angegeben.

Der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Messdaten bzgl. der Anlage des distalen lateralen Ischiadicuskatheters zu entnehmen.

Tabelle 2: Messdaten zur Anlage des Katheters bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006), dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwert ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima;
p = Signifikanzniveau.

Gruppe	***I (40 ml Ropivacain)***	***II (20 ml Ropivacain)***	p
Zeit bis Auffinden der Landmarken in Minuten	0,6 ± 0,3 (0,1- 1,0)	0,5 ± 0,2 (0,2 – 1,0)	0,24
Zeit bis zur Reizantwort in Minuten	8,1 ± 10,2 (0,2 - 40,0)	4,3 ± 3,5 (0,5 – 12,0)	0,44
Zeit bis zur Katheteranlage in Minuten	11,2 ± 11,4 (2,4 – 43)	8,7 ± 6,0 (2,5 – 21,5)	0,71
Einstichwinkel (Grad)	4,9 ± 6,859 (-5 – 20)	6,3 ± 8,4 (-5 – 20)	0,78
Einstichtiefe (cm)	4,5 ± 0,6 (3,0 – 5,5)	5,0 ± 0,5 (4,0 – 5,5)	0,02
Minimale Reizantwort (mA)	0,3 ± 0,10 (0,3 - 0,4)	0,3 ± 0,0 (0,2 – 0,4)	0,27
Kathetertiefe (cm)	9,1 ± 0,7 (8,0 – 10,0)	9,8 ± 0,8 (8,0 – 11,0)	0,04
Primäre Reizantwort			
Dorsalextension	8	11	
Plantarflexion	11	4	
Dorsalextension/Plantar-flexion	1	1	
Dorsalextension/Supination		2	
Eversion		2	
Zusätzliche Saphenusblockade	9	6	
Patientenzufriedenheit Punktion/ Katheteranlage	1,5 ± 0,5 (1 – 2)	1,4 ± 0,5 (1 – 2)	0,79

3.3 Effektivität der Ischiadicusblockade

3.3.1 Präoperative Messungen

Beeinflussung der Hauttemperatur durch die Ischiadicusblockade

Zur Bestimmung der Effektivität der Ischiadicusblockade wurde zu jedem Messzeitpunkt (MZP) die Hauttemperatur über den jeweiligen Innervationsgebieten der einzelnen Nervenäste des N. ischiadicus gemessen. Dabei zeigte sich in der Temperaturverlaufskurve beider Gruppen ein signifikanter Temperaturanstieg für alle Nervenäste zwischen den Messzeitpunkten 0 und 40 Minuten. Generell zeigte sich in beiden Gruppen ein signifikanter Temperaturanstieg zwischen den Messpunkten 0 und 20 Minuten, während zwischen den einzelnen Messzeitpunkten von MZP 20 bis 40 Min meist keine signifikanten Temperatursprünge mehr erkennbar waren. Hinsichtlich der beiden Gruppen ergab sich kein Unterschied im Temperaturverlauf. Der zeitliche Verlauf der Hauttemperatur ist den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

Abb. 4a: Temperaturverlauf N. tibialis Gruppe I

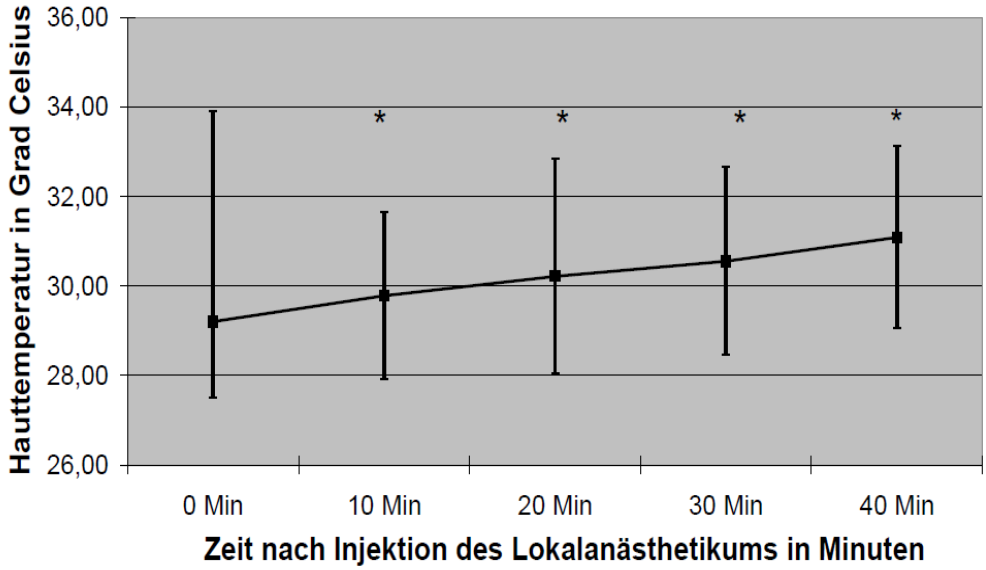


Abb. 4b: Temperaturverlauf N. tibialis Gruppe II

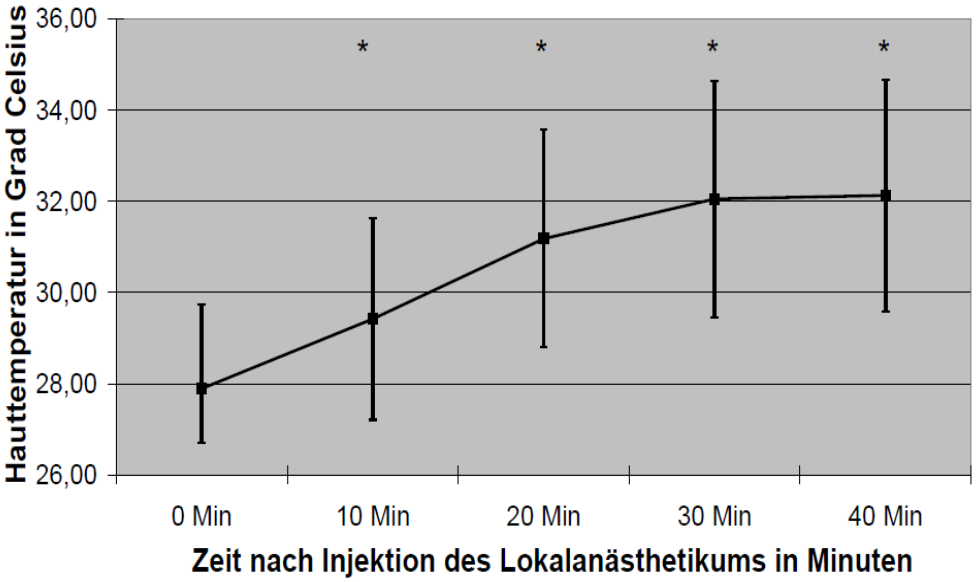


Abbildung 4a und 4b: Temperaturverlauf Nervus (N.) tibialis in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Mittelwerte ± Standardabweichung in Grad Celsius. * $p < 0,05$ versus 0 Min. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

Abb. 5a: Temperaturverlauf N. peroneus communis Gruppe I

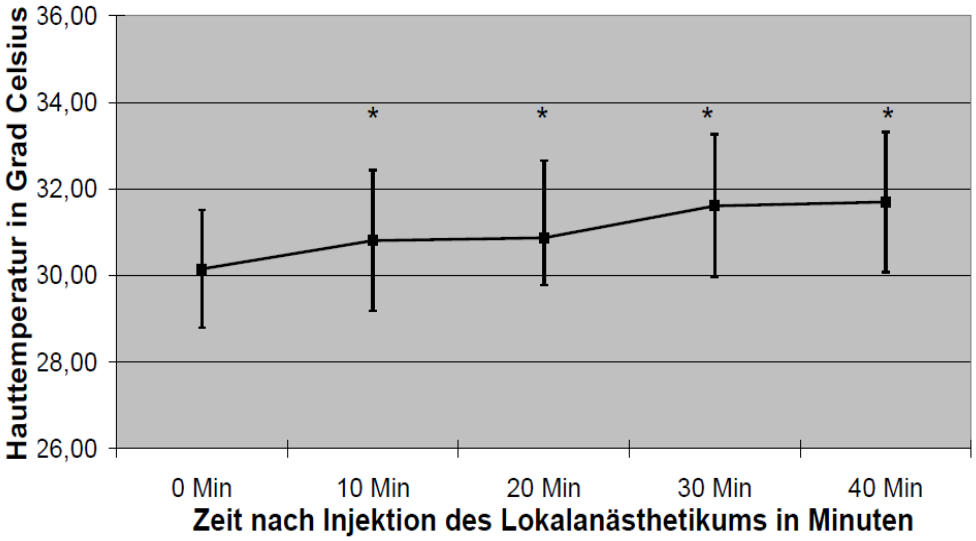


Abb. 5b: Temperaturverlauf N. peroneus communis Gruppe II

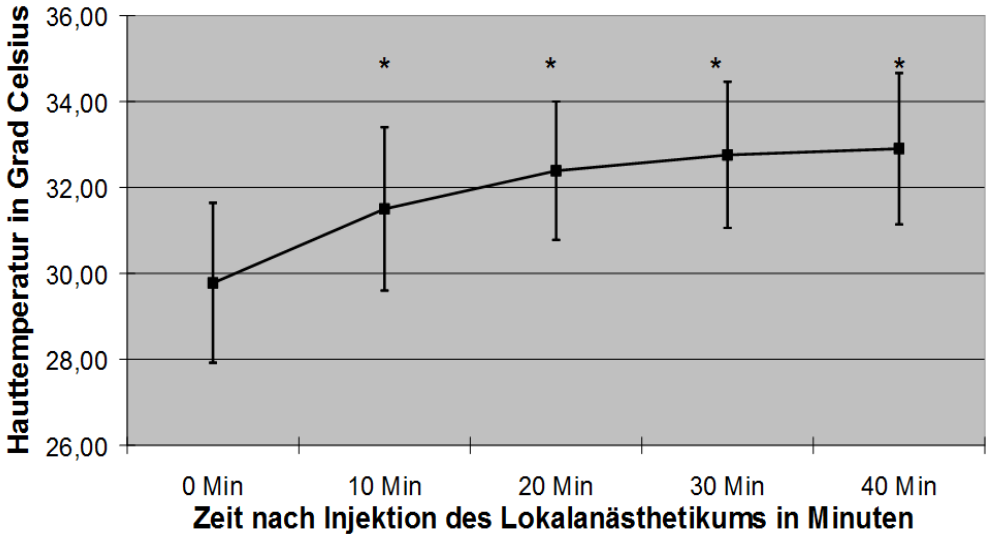


Abbildung 5a und 5b: Temperaturverlauf Nervus (N.) peroneus communis in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Mittelwerte ± Standardabweichung in Grad Celsius. * $p < 0,05$ versus 0 Min. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

Abb. 6a: Temperaturverlauf N. peroneus superficialis Gruppe I

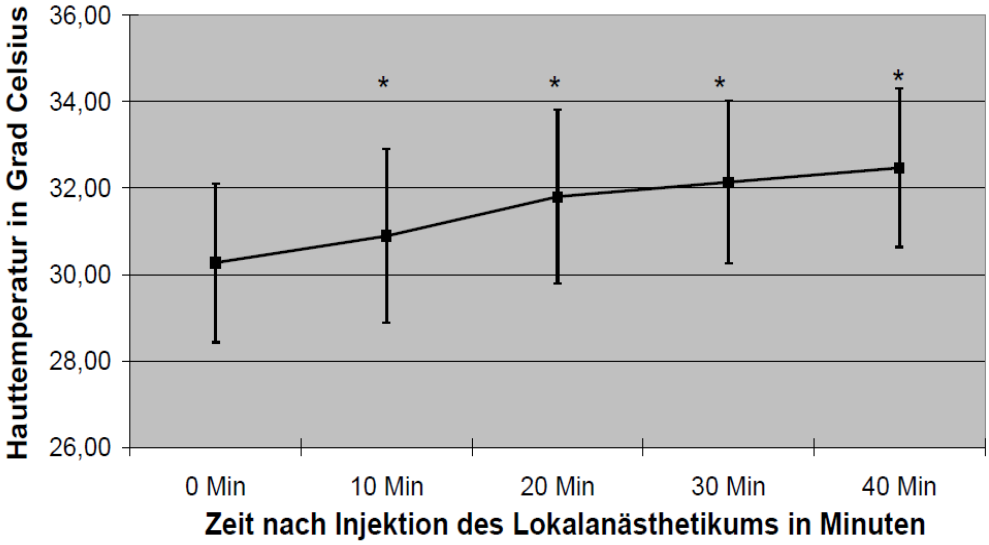


Abb. 6b: Temperaturverlauf N. peroneus superficialis Gruppe II

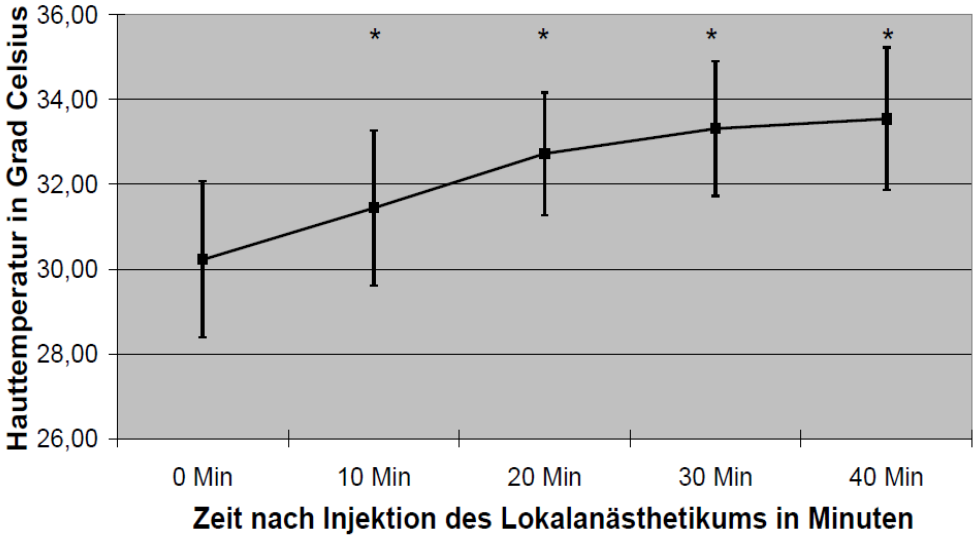


Abbildung 6a und 6b: Temperaturverlauf Nervus (N.) peroneus superficialis in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Mittelwerte ± Standardabweichung in Grad Celsius. * $p < 0,05$ versus 0 Min. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

Abb. 7a: **Temperaturverlauf N. suralis Gruppe I**

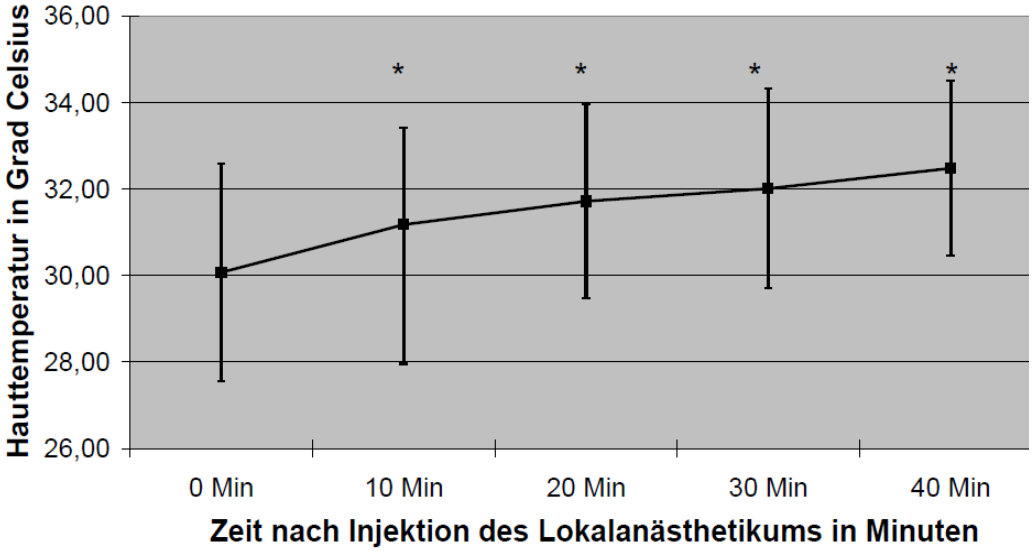


Abb. 7b: **Temperaturverlauf N. suralis Gruppe II**

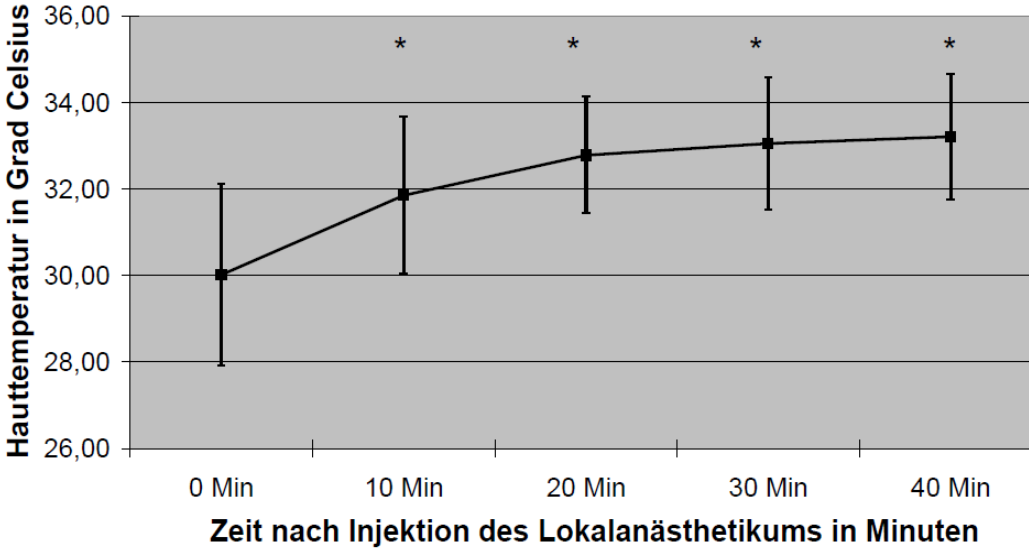


Abbildung 7a und 7b: Temperaturverlauf Nervus (N.) suralis in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Mittelwerte ± Standardabweichung in Grad Celsius. * $p < 0,05$ versus 0 Min. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

Sensible und motorische Blockade aller Nervenäste

Eine komplette sensible Blockade mit einer Blockade aller vier Nervenäste mit sensiblen Nervenanteilen wurde in Gruppe I und II bei 17 bzw. 20 Patienten erreicht. Dies entspricht einer Erfolgsquote von 85% bzw.100%.

Eine komplette motorische Blockade des N. ischiadicus mit einer Blockade der beiden motorischen Nervenäste N. tibialis und N. peroneus com. wurde in Gruppe I bzw. II bei sechs bzw. zehn Patienten erreicht. Dies entspricht einer Erfolgsquote von 30% bzw. 50%.

Der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Merkmale bzgl. der Effektivität der distalen lateralen Ischiadicusblockade mit einem Bolusvolumen von 40 bzw. 20 ml Ropivacain auf die sensiblen sowie motorischen Leitungsqualitäten zu entnehmen.

Tabelle 3: Messdaten der untersuchten Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006) zur kompletten sensiblen und motorischen Blockade des Nervus ischiadicus, dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwerte ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima. p = Signifikanzniveau, n = Anzahl der Patienten.

Gruppe	***I (40 ml Ropivacain)***	***II (20 ml Ropivacain)***	***p***
Sensibler Block aller Nervenäste erreicht (n)	17 (20)	20 (20)	
Zeit bis kompletter sensibler Block (Min)	24,1 ± 10,0 (10 – 40)	25,5 ± 8,9 (10 – 40)	0,75
Motorischer Block aller Nervenäste erreicht (n)	6 (20)	10 (20)	
Zeit bis kompletter motorischer Block (Min)	20,0 ± 9,0 (10 – 30)	29 ± 9,9 (10 – 40)	0,10

Sensible Blockade einzelner Nervenäste

Zur Bestimmung der Effektivität der distalen lateralen Ischiadicusblockade auf die sensiblen Leitungsbahnen der unteren Extremität wurde zu den Messzeitpunkten 0 bis 40 Minuten die sensible Blockade über den Innervationsgebieten der vier Nervenäste des N. ischiadicus untersucht.

Komplette sensible Blockade des N. ischiadicus

Eine komplette sensible Blockade des N. ischiadicus konnte in Gruppe I innerhalb von 40 Minuten bei 85% erreicht werden. In Gruppe II wurde innerhalb 40 Minuten eine vollständige sensible Blockade bei 100% aller Studienteilnehmer erreicht.
Der zeitliche Verlauf bzgl. des Erreichens einer kompletten sensiblen Blockade ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

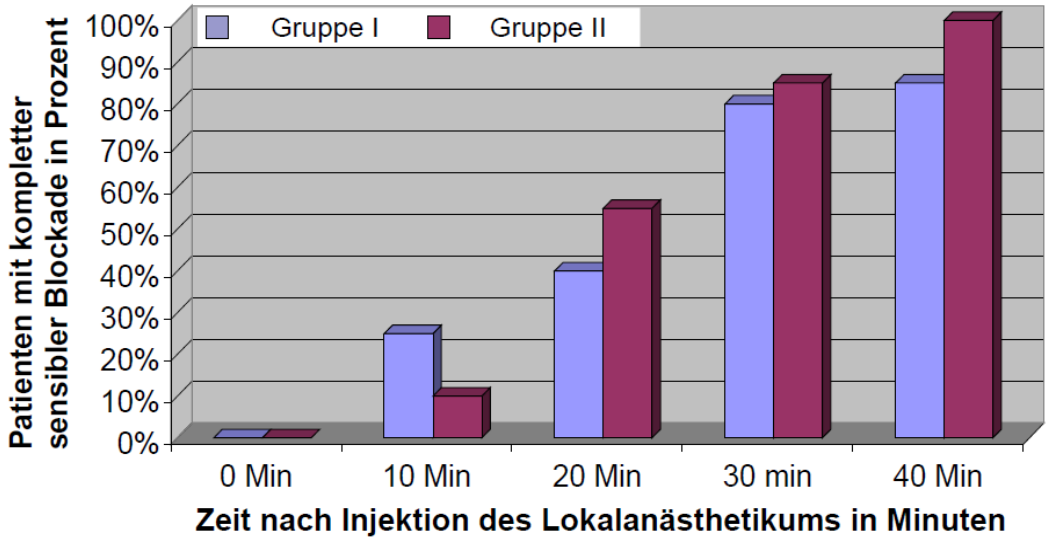


Abbildung 8: Anteil der Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006) mit kompletter sensibler Blockade zu den Messzeitpunkten 0 bis 40 Minuten; dargestellt in Prozent.
(Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

Komplette und partielle sensible Blockade der einzelnen Nervenäste

Eine partielle sensible Blockade der einzelnen Nervenäste wurde in beiden Gruppen zu 100% erreicht. Der folgenden Tabelle ist die Zeit bis zum Erreichen einer kompletten bzw. partiellen sensiblen Blockade der einzelnen Nervenäste zu entnehmen.

Tabelle 4: Komplette und partielle sensible Blockade der vier Nervenäste des Nervus (N.) ischiadicus in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwert ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima. p = Signifikanzniveau, n = Anzahl der Patienten.

	Gruppe I (40 ml Ropivacain)	***Gruppe II (20 ml Ropivacain)***	p
Komplette sensible Blockade einzelner Nervenäste			
N. tibialis			
Anzahl (n)	18	20	0,51
Zeit bis Blockade (Min)	21,7 ± 9,9 (10 – 40)	24,0 ± 8,8 (10 – 40)	
N. peroneus communis			
Anzahl (n)	18	20	0,82
Zeit bis Blockade (Min)	18,9 ± 9,0 (10 – 40)	19,0 ± 7,2 (10 – 30)	
N. peroneus superficialis			
Anzahl (n)	18	20	0,98
Zeit bis Blockade(Min)	17,8 ± 8,1 (10 – 30)	18,5 ± 10,4 (10 – 40)	
N. suralis			
Anzahl (n)	18	20	0,50
Zeit bis Blockade(Min)	16,1 ± 11,1 (10 – 40)	17,0 ± 8,0 (10 – 30)	
Partielle sensible Blockade einzelner Nervenäste			
N. tibialis			
Anzahl (n)	20	20	
Zeit bis Blockade (Min)	14,5 ± 6,0 (10 – 30)	11,0 ± 3,1 (10 – 20)	0,10
N. peroneus communis			
Anzahl (n)	20	20	
Zeit bis Blockade (Min)	13,5 ± 6,7 (10 – 30)	11,5 ± 3,7 (10 – 20)	0,53
N. peroneus superficialis			
Anzahl (n)	20	20	
Zeit bis Blockade (Min)	12,0 ± 4,1 (10 – 20)	12,0 ± 5,2 (10 – 30)	0,83
N. suralis			
Anzahl (n)	20	20	
Zeit bis Blockade (Min)	12,5 ± 5,5 (10 – 30)	12,5 ± 4,4 (10 – 20)	0,84

Motorische Blockade einzelner Nervenäste

Zur Bestimmung der Effektivität der distalen lateralen Ischiadicusblockade auf die motorischen Leitungsbahnen der unteren Extremität wurde zu den

Messzeitpunkten 0 bis 40 Min die Fähigkeit zur Dorsalextension (N. tibialis) bzw. Plantarflexion (N. peroneus com.) untersucht.

Komplette motorische Blockade des N. ischiadicus

Eine komplette motorische Blockade mit einer Blockade aller motorischen Nervenäste des N. ischiadicus konnte in Gruppe I bei 30% und in Gruppe II bei 50% der Studienteilnehmer innerhalb von 40 Minuten erreicht werden.

Der zeitliche Verlauf bzgl. des Erreichens einer kompletten motorischen Blockade ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

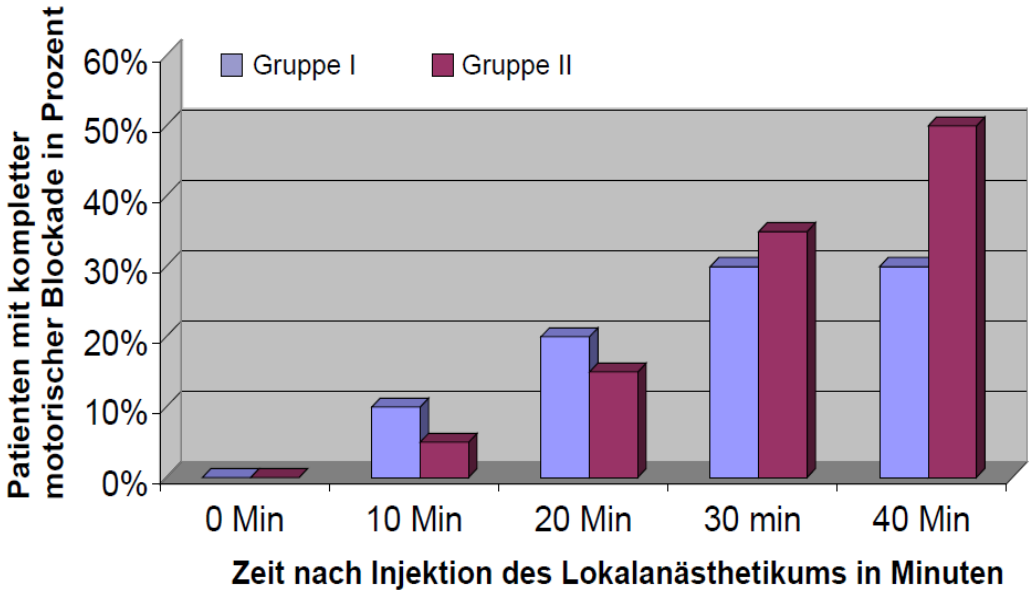


Abbildung 9: Anteil der Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006) mit einer kompletten motorischen Blockade des N. ischiadicus zu den Messzeitpunkten 0 bis 40 Minuten; dargestellt in Prozent.
(Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

Komplette und partielle motorische Blockade der einzelnen Nervenäste

Eine partielle motorische Blockade, d. h. eine Blockade bei der noch ein Kraftgrad zwischen 2/5 und 4/5 gemessen werden konnte, wurde in Gruppe I beim N. tibialis bzw. N. peroneus zu 95% bzw. 90% erreicht. In Gruppe II wurde eine partielle motorische Blockade des N. tibialis bzw. N. peroneus com. zu 90% bzw. 100%

erreicht. Der folgenden Tabelle ist die Zeit bis zum Erreichen einer kompletten bzw. partiellen motorischen Blockade der beiden motorischen Nervenäste zu entnehmen.

Tabelle 5: Komplette und partielle motorische Blockade der beiden motorischen Nervenäste des Nervus (N.) ischiadicus in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwert ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima.
p = Signifikanzniveau.

Gruppe	***I (40 ml Ropivacain)***	***II (20 ml Ropivacain)***	***p***
Komplette motorische Blockade			
N. tibialis			
Anzahl (n)	7	10	
Zeit bis Blockade (Min)	2,9 ± 11,1 (10 – 40)	27,0 ± 10,6 (10 – 40)	0,46
N. peroneus communis			
Anzahl (n)	6	11	
Zeit bis Blockade (Min)	15,0 ± 8,4 (10 – 30)	27,3 ± 12,0 (10 – 40)	0,05
Partielle motorische Blockade			
N. tibialis			
Anzahl (n)	19	18	
Zeit bis Blockade (Min)	19,0 ± 8,1 (10 – 40)	17,2 ± 8,3 (10 – 30)	0,52
N. peroneus communis			
Anzahl (n)	18	20	
Zeit bis Blockade (Min)	19,4 ± 9,3 (10 – 40)	20,5 ± 9,4 (10 – 40)	0,73

3.3.2 Intraoperative Blockade-Effektivität

Zur Erhaltung der Narkose wurde als Inhalationsanästhetikum Desflurane verwendet und während der Operation dessen endexspiratorische Konzentration gemessen. Die höchste bei jedem Studienteilnehmer gemessene endtidale Konzentration wurde zum Vergleich der Patienten ins Verhältnis zur altersspezifischen Minimalen Alveolären Konzentration (MAC) gesetzt. Im Vergleich der Gruppen ergab sich kein signifikanter Unterschied.

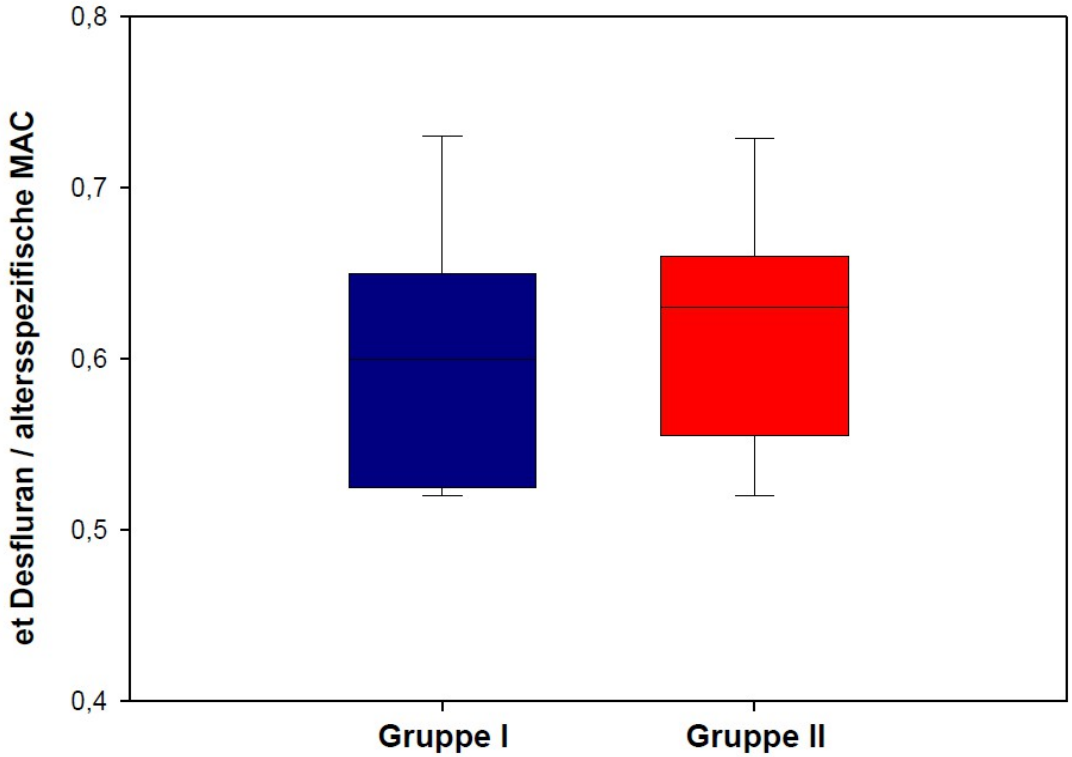


Abbildung 10: Höchste gemessene endtidale Desflurankonzentration (et Desfluran) im Verhältnis zur altersspezifischen MAC in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Box Plots. MAC = Minimale alveoläre Konzentration. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

Zusätzlicher Remifentanilverbrauch

Während der Operation war in beiden Gruppen bei jeweils 2 Studienteilnehmern eine zusätzliche Gabe von Remifentanil zur Supplementierung der Analgesie notwendig. Bezüglich des zusätzlichen Bedarfs an Remifentanil bestand zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied. Der zusätzliche Remifentanilbedarf sowie die durchschnittliche Remifentanilmenge pro Studien-teilnehmer mit zusätzlichem Remifentanilbedarf sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 6: Zusätzlicher Remifentanilbedarf in Gruppe I und II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006, Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml), je 20 Patienten pro Gruppe.

	Gruppe I	Gruppe II
Patienten ohne Remifentanil-Bedarf	18	18
Patienten mit Remifentanil-Bedarf	2	2
Durchschnittliche Remifentanilmenge in [µg]	375	400

Kardiozirkulatorische Parameter während der Narkose / Operation

Vor der Narkoseeinleitung, während der Operation sowie nach der Operation wurden die Herzfrequenz und der Blutdruck der Patienten überwacht, wobei die höchsten Werte der intraoperativ gemessenen Herzfrequenz- bzw. Blutdruckwerte registriert wurden. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Den folgenden Abbildungen sind die Werte für die höchsten gemessenen Herzfrequenzen bzw. Blutdruckwerte vor der Operation, während der Operation, sowie im Aufwachraum zu entnehmen.

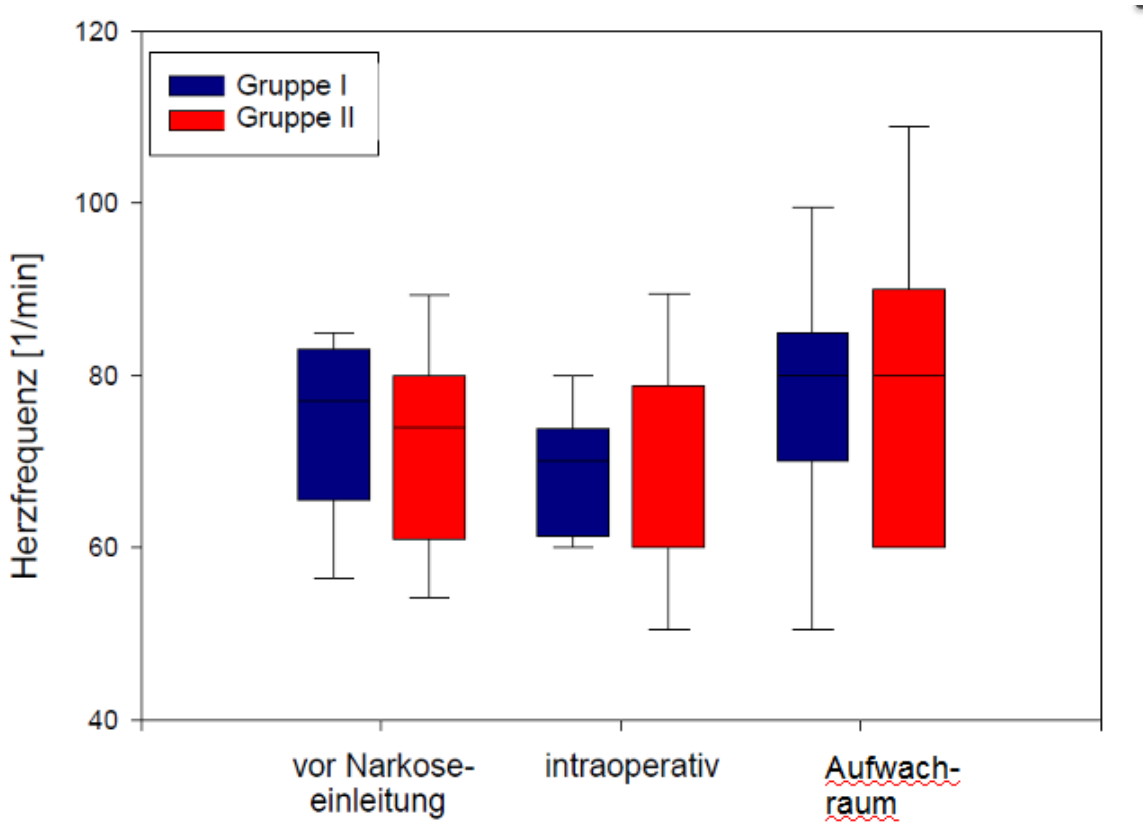


Abbildung 11: Herzfrequenz (HF) gemessen in Pulsschlägen pro Minute bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Boxplots. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

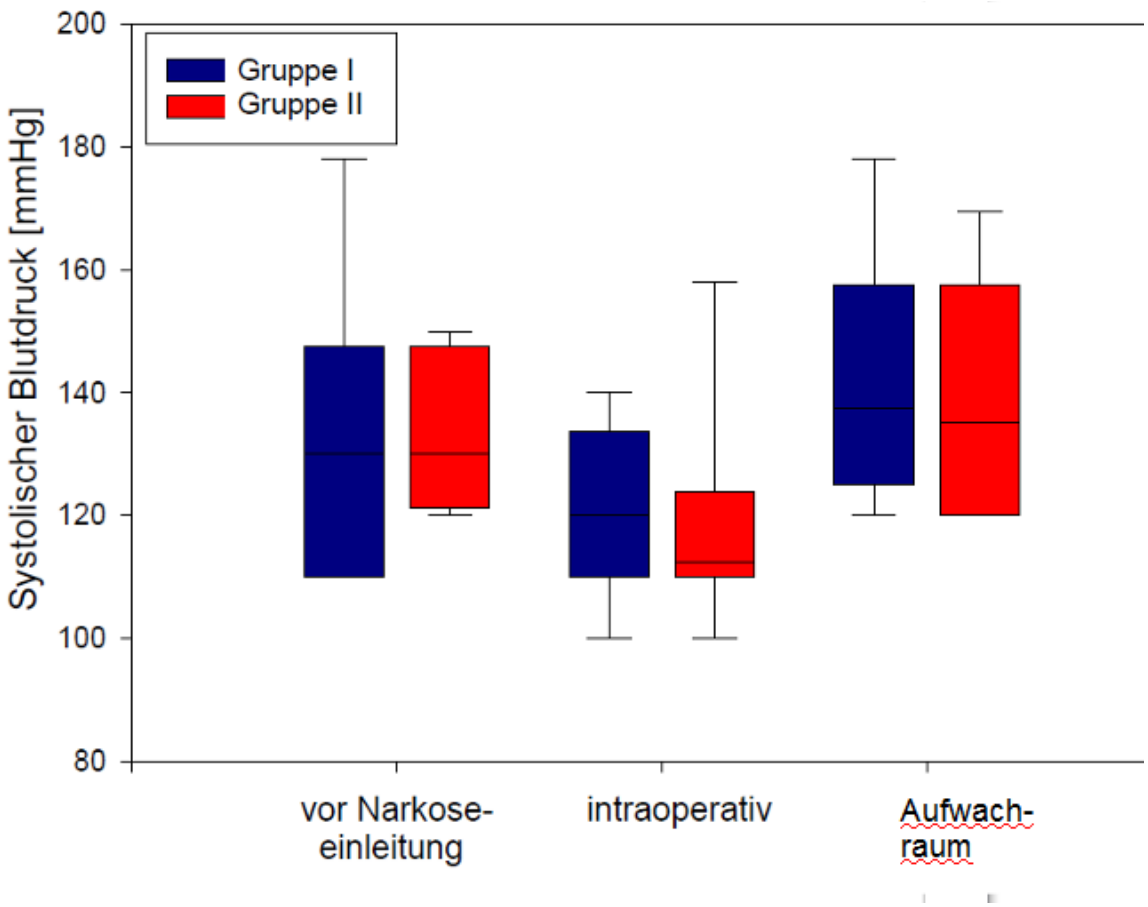


Abbildung 12: Systolischer Blutdruck gemessen in mmHg bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Box Plots. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml, in Gruppe II: 20 ml).

3.3.3 Abhängigkeit der Blockadeeffektivität von der Reizantwort

Zur Klärung der Frage, ob die Blockadeeffektiviät von der erhaltenen Reizantwort bei der Nervenstimulation abhängig ist, wurden die Messdaten der Punktion und Blockadeeffektivität im Hinblick auf die Reizantwort verglichen. Insbesondere sollte untersucht werden, ob eine Reizantwort aus einem Nervenanteil des N. peroneus oder des N. ischiadicus zu einer besseren Blockadeeffektivität führt.
Für die beiden am häufigsten registrierten Reizantworten Plantarflexion (n = 15) und Dorsalextension (n = 19) ergab sich bezüglich Eindringtiefe, Einstichwinkel und Kathetertiefe kein signifikanter Unterschied.

Für die Reizantworten Dorsalextension mit Plantarflexion, Dorsalextension mit Supination sowie Eversion war die Anzahl für einen statistisch aussagekräftigen Vergleich zu gering.
Der folgenden Tabelle sind die Messdaten zur Katheteranlage bzgl. erhaltener Reizantwort zu entnehmen.

Tabelle 7: Messdaten zur Punktion in Abhängigkeit der Reizantwort bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006) ; dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwert ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima.

Reizantwort	***Plantarflexion***	***Dorsalextension***	***Dorsalextension + Plantarflexion***
Anzahl (n)	15	19	2
Eindringtiefe (cm)	4,9 ± 0,6 (4 – 5,5)	4,6 ± 0,6 (3 – 4,5)	5,3 ± 0,4 (5 – 5,5)
Einstichwinkel (Grad)	3,0 ± 7,0 (-5 – 20)	6,7 ± 7,7 (0 – 20)	15,0 ± 7,0 (10 – 20)
Kathetertiefe (cm)	9,5 ± 0,9 (8-11,0)	9,3 ± 0,7 (8,0 -10,5)	10,5 ± 0,7 (10 – 11)

Zur Beurteilung der Effektivität in Abhängigkeit der Reizantwort wurden die Messdaten wieder in Gruppe I und II getrennt erhoben, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. In Gruppe I ergab sich für die Reizantworten Plantarflexion sowie Dorsalextension kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Blockade-Effektivität. Für die Reizantworten Dorsalextension mit Plantarflexion, Dorsalextension mit Supination sowie Eversion war die Anzahl auch hier für einen statistisch aussagekräftigen Vergleich zu gering, daher wurde auf deren Darstellungen in Tabelle 9 und 10 der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

Tabelle 8: Messdaten zur Blockade-Effektivität der Gruppe I bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006) in Abhängigkeit der Reizantwort; dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwert ± Standard-abweichung, sowie Minima und Maxima. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe I: 40 ml).

Reizantwort	*Plantarflexion*	*Dorsalextension*	*Dorsalextension + Plantarflexion*
Anzahl (n)	11	8	1
Kompletter Block motorisch: Anzahl	4	2	0
Zeit bis kompletter Block (Min)	17,5 ± 9,6 (10 – 30)	25,0 ± 7,1 (20 – 30)	
Kompletter Block sensibel: Anzahl	10	6	1
Zeit bis kompletter Block (Min)	26,0 ± 9,7 (10 - 40)	23,3 ± 10,3 (10 – 40)	10,0 ± 0,0 (10)

Ebenso sind in Gruppe II keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den Reizantworten Plantarflexion und Dorsalextension ermittelt worden.

Tabelle 9: Messdaten zur Blockade-Effektivität der Gruppe II bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006) in Abhängigkeit der Reizantwort; dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwert ± Standard-abweichung, sowie Minima und Maxima. (Menge Ropivacain 0,5% in Gruppe II: 20 ml).

Reizantwort	**Plantarflexion**	**Dorsalextension**	**Dorsalextension + Plantarflexion**
Anzahl (n)	4	11	1
Kompletter Block motorisch: Anzahl	3	5	0
Zeit bis kompletter Block (Min)	30,0 ± 10,0 (20 – 40)	26,0 ± 11,4 (10 – 40)	
Kompletter Block sensibel : Anzahl	4	11	1
Zeit bis kompletter Block (Min)	25 ± 5,8 (20 – 30)	23,6 ± 9,2 (10 – 40)	40 ± 0,0 (40)

3.4 Postoperative Schmerztherapie

Die 40 Studienteilnehmer erhielten im Rahmen der postoperativen Schmerztherapie je nach Bedarf zwischen zwei und sieben Tage lang Ropivacain über den distalen lateralen Schmerzkatheter.

Die Liegedauer des Katheters betrug im Mittel 4,1 Tage. Die Zufriedenheit der Patienten bezüglich der postoperativen Schmerztherapie wurde von ihnen auf einer Skala von 1 – 6 (sehr gut – ungenügend) angegeben. Daten bezüglich der Patientenzufriedenheit konnten von 33 Personen erfasst werden, wobei der Mittelwert bei 1,4 lag.

Tabelle 10: Daten zum postoperativen Schmerzmanagement bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006) , dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwerte ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima;
p = Signifikanzniveau, VAS = Visuelle Analog Skala

Liegedauer Katheter (Tage)	4,1 ± 1,87 (2 - 7)
Patientenzufriedenheit VAS	1,4 ± 0,48 (1 - 2)

3.4.1 Schmerzintensität in der postoperativen Phase

Die Patienten wurden im Rahmen des routinemäßigen postoperativen Schmerzdienstes täglich gebeten, vom OP-Tag bis zur Entfernung des Schmerzkatheters ihre Schmerzintensität auf einer visuellen Analog Skala (VAS) von 1 bis 10 (keine – unerträgliche Schmerzen) anzugeben.

In den folgenden Abbildungen sind die Werte bis zum dritten postoperativen Tag aufgeführt. Auf Grund des unterschiedlichen Zeitpunktes der Katheterentfernung war ab dem dritten postoperativen Tag keine ausreichend hohe Fallzahl für eine eindeutige statistische Auswertung mehr gegeben.

Abb. 13a:

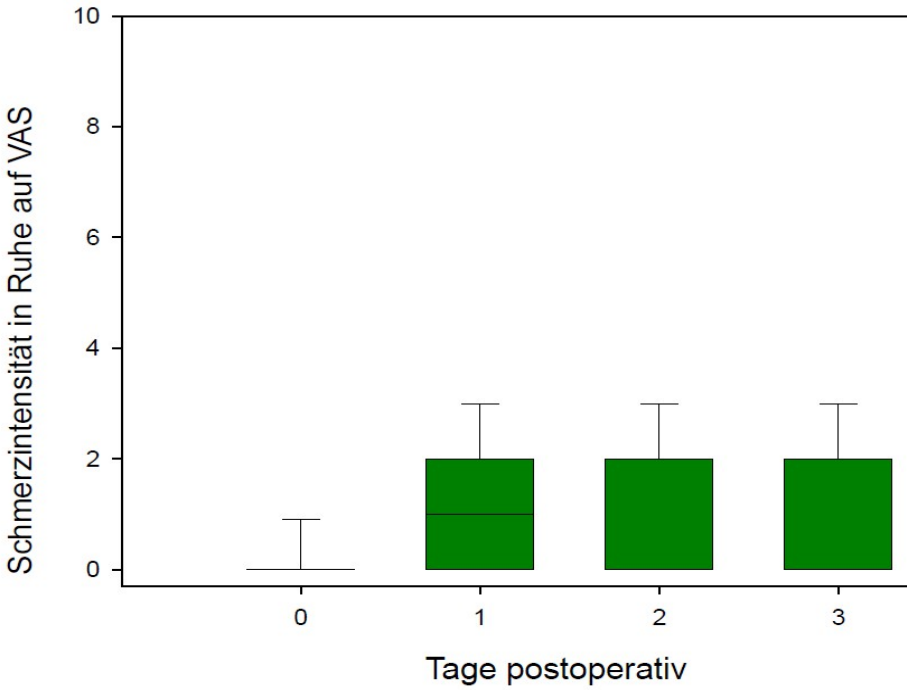


Abb. 13b:

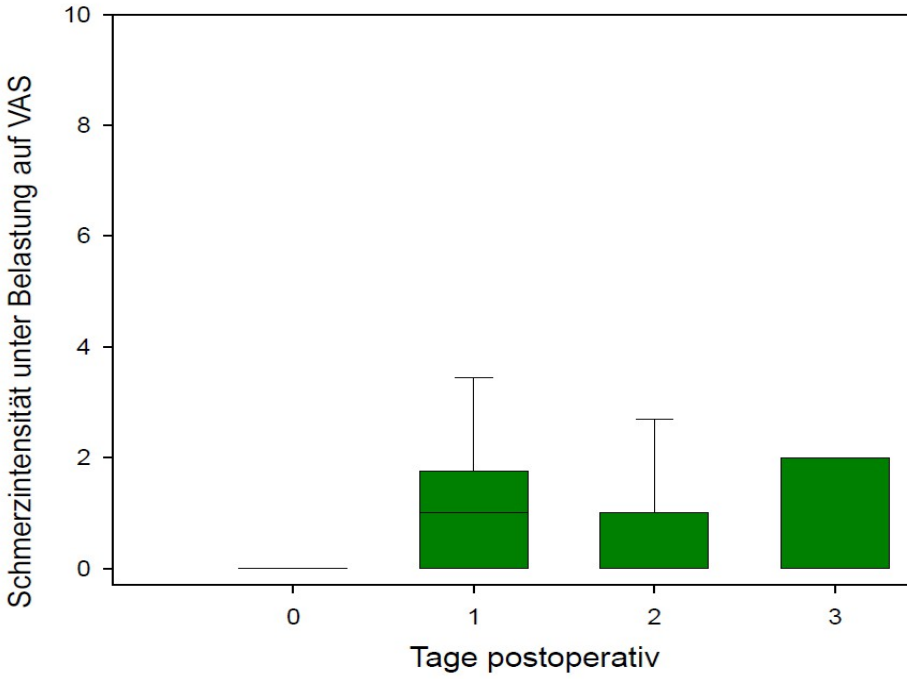


Abbildung 13a und 13b: Zeitlicher Verlauf der Schmerzintensität auf einer Visuellen Analog Skala (VAS) von 0 – 10 vom Operations-Tag bis zur Entfernung des Schmerzkatheters bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als Box Plots.

3.4.2 Patientenzufriedenheit

Neben der Schmerzintensität wurde die Zufriedenheit der Patienten perioperativ untersucht. Hierzu wurden die Patienten am OP-Tag, im Aufwachraum, sowie am ersten postoperativen Tag gebeten, einen QoR-Fragebogen (Quality of Recovery-Fragebogen) bezüglich ihrer Zufriedenheit mit dem Narkoseverfahren auszufüllen. Es konnten für den ersten postoperativen Tag nur 39 Werte ermittelt werden, da bei einem Patienten der Gruppe II zu diesem Zeitpunkt der Katheter bereits gezogen war. Der Mittelwert im Aufwachraum lag bei 15,5 wobei 18 Punkte als beste Bewertung vergeben werden konnten. Am ersten postoperativen Tag lag der Mittelwert bei 16,8. Des Weiteren wurden die Studienteilnehmer am OP-Tag selbst, sowie am ersten postoperativen Tag aufgefordert, ihre Zufriedenheit über den Verlauf der gesamten anästhesiologischen Maßnahmen bis zu diesem Zeitpunkt auf einer Skala von 1 bis 10 zu bewerten. Der Mittelwert am OP-Tag bzw. ersten postoperativen Tag betrug jeweils 9,7 von 10.

3.4.3 Wiederwahl des Verfahrens

Von 40 Patienten würden 39 bei einem erneuten operativen Eingriff das angewandte Narkoseverfahren zur Operation als auch zur Analgesie in der postoperativen Phase über einen distalen lateralen Ischiadicuskatheter wiederwählen. Bei dem Patienten der Gruppe II, welcher ein anderes Verfahren bevorzugen würde, musste der Katheter am ersten postoperativen Tag aufgrund eines „Kribbelgefühles“ an der operierten Extremität vorzeitig gezogen werden.

Tabelle 11: Quality of Recovery (QoR) am Operations (OP)-Tag und ersten postoperativen Tag, Patientenzufriedenheit am OP-Tag und ersten postoperativer Tag auf der Visuellen Analogen Skala (VAS), sowie Wiederwahl des Verfahrens bei Patienten mit Operationen an der unteren distalen Extremität (Universitätsklinikum Ulm, 2004-2006); dargestellt als absolute Zahlen bzw. Mittelwerte ± Standardabweichung, sowie Minima und Maxima;

QoR Aufwachraum	15,5 ± 0,95 (13 -18)
QoR 1. postoperativer Tag	16,8 ± 1,36 (13 – 18)
VAS Zufriedenheit OP-Tag	9,7 ± 0,57 (8 – 10)
VAS Zufriedenheit **1. postoperativer Tag**	9,7 ± 0,57 (9 – 10)
Wiederwahl des Verfahrens	39

4. Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden prospektiven randomisierten Studie wurde zunächst die Effektivität zweier verschieden großer Bolusvolumina Ropivacain 0,5% (40 ml versus 20 ml) zur Ischiadiucusblockade über einen distalen lateralen Zugang verglichen.
In einem zweiten Schritt wurde die postoperative Schmerztherapie über einen distalen lateralen Ischiadicuskatheter bzgl. Schmerzintensität und Patientenzufriedenheit untersucht.
Die Punktion sowie die Anlage des Katheters gestalteten sich bei allen Studienteilnehmern in der Durchführung einfach, rasch und komplikationslos. Der Vergleich der zwei unterschiedlichen Bolusvolumina zeigte keinen relevanten Unterschied bzgl. Anschlagszeit und Effektivität der Blockade.
Für das gesamte Narkoseverfahren und die postoperative Schmerztherapie konnte bei allen Studienteilnehmern eine sehr hohe Patientenzufriedenheit und Akzeptanz ermittelt werden, so dass 39 von 40 Patienten das angewandte Narkoseverfahren bei einem nächsten operativen Eingriff erneut wählen würden.

4.1 Effektivität der Ischiadicusblockade

In der Literatur sind verschiedene Zugangswege zum N. ischiadicus beschrieben worden. Die Punktionsorte der verschiedenen Zugänge liegen im Bereich der Hüfte [17, 50, 53], im Bereich des mittleren Femurdrittels [13, 18] oder im Kniebereich [43, 50, 51, 53]. Mehrere Studien haben die verschiedenen Zugänge bezüglich der Durchführung, der Anschlagszeit und der Effektivität verglichen [20, 53, 55].
In der vorliegenden Studie wurde ein lateraler Zugang zum N. ischiadicus im Kniebereich angewandt. Bei entspannter Rückenlagerung des Patienten wurde als individuelles Maß eine Patientenhandbreite von der Patellaoberkante nach proximal gemessen. Die Injektionsstelle befand sich knapp oberhalb der Sehne des Caput longum des M. biceps femoris. Die Punktion erfolgte mit einer Stimulationskanüle senkrecht zur Hautoberfläche ohne Knochenkontakt.

Dieser laterale Zugangsweg erforderte keine für den Patienten eventuell schmerzhafte Umlagerung. Einfache und gut auffindbare Landmarken gewährleisteten eine schnelle Identifikation der Punktionsstelle. Die Patientenhand als individuelles Maß zur Bestimmung der Landmarken garantierte eine Punktion proximal der Bifurkationshöhe des N. ischiadicus [39]. Die Wahl eines distalen Zugangsweges führte zu einem kurzen Haut-Nervabstand und damit zu einer einfachen, komplikationsarmen sowie schnellen Punktion.

Eine Studie von Taboada et al. 2004 zeigte, dass der klassische Zugang nach Labat [33] in der Hüftregion mit einer schnelleren Anschlagszeit und höheren Erfolgsquote verbunden ist als ein distaler Zugang mit einer Doppelinjektions-technik in Höhe des Kniebereichs. Auch in anderen Arbeiten wurde nachgewiesen, dass ein weiter proximal gelegener Zugang gegenüber einem distalen Zugang mit einer schnelleren Anschlagszeit verbunden ist [50, 57]. Für den Zugang nach Labat muss der Patient jedoch wie bei den meisten posterioren Zugängen umgelagert werden [33]. Zudem ist der Zugang nach Labat auf Grund der weiter proximal gelegenen Punktionsstelle durch einen größeren Haut-Nerven Abstand und durch einen größeren Blockadebereich an der Extremität geprägt [33, 42]. Im Vergleich zu weiter proximal gelegenen Zugängen zum N. ischiadicus hat ein distaler Zugang [17, 18, 50, 53, 58] den Vorteil eines kürzeren Haut-Nervenabstandes und damit einer risikoärmeren Punktion und eines leichteren Aufsuchens des Nerven.

Die Patientenzufriedenheit über die Anlage eines Ischiadicuskatheters über den in dieser Arbeit verwendeten distalen lateralen Zugang war sehr hoch. Die Studienteilnehmer gaben ihre Zufriedenheit über die Katheteranlage gemäß Schulnoten durchschnittlich mit 1,4 an. Ein Grund für die durchwegs gute Beurteilung dürfte an dem nahezu schmerzfreien Verfahren liegen.

In weiteren Studien wurde zur Ischiadicusblockade ein ultraschallgesteuertes Aufsuchen [5, 11, 22, 36, 37, 57] des N. ischiadicus beschrieben. Damit ist es möglich, eine genauere Lokalisation des N. ischiadicus, eine bessere Annäherung der Punktionsnadel und somit eine optimalere Positionierung des Lokal-anästhetikums zu erreichen [10, 22]. Bis zu seiner Bifurkation wird der N. ischiadicus mit seinen beiden Hauptnervenanteilen von einer gemeinsamen

Faszie umgeben, welche Paraneurium genannt wird [62]. In einzelnen Studien wurde bereits das Einbringen des Lokalanästhetikums in den Subparaneurium-Raum unter ständiger simultaner sonographischer Kontrolle beschrieben [13, 57]. De Tran et al. 2011 konnte zeigen, dass sich eine Blockade auf Höhe der Bifurkation subepineural mit Einbringen des Lokalanästhetikums (30 ml 1% Lidocain + 0,25% Bupivacain + 5 µg/ml Epinephrin) zwischen die bereits getrennten Nervenäste, den N. peroneus communis und N. tibialis, gegenüber einer Blockade mit Umspritzung der einzelnen Nervenäste unterhalb der Bifurkation durch eine höhere Erfolgsrate, schnellere Durchführung sowie durch eine schnellere Anschlagszeit auszeichnet. In einer nachfolgenden Studie konnte er keine wesentlichen Unterschiede bzgl. einer Blockade auf Bifurkationshöhe im Vergleich zu einer Blockade proximal der Bifurkationshöhe feststellen [13]. Zur Beurteilung der Sicherheit einer subepineuralen Technik und dem dabei möglichen Risiko einer intraneuralen Injektion führte Moayeri et al. 2012 eine Untersuchung mit 36 intraneuralen Injektionen an Leichen durch. Dabei konnte er zeigen, dass bereits 0,5 ml große Volumina einer intraneuralen Injektion während einer ultraschallkontrollierten Injektion zuverlässig erkannt werden können. In Zukunft wird die ultraschallgestützte Ischiadicusblockade voraussichtlich das Verfahren der Wahl sein, insbesondere bei schwierigen anatomischen Verhältnissen, wie z.B. bei adipösen Patienten [34].

4.1.1 Präoperative Messungen zur Blockade-Effektivität

In verschiedenen Studien sind bereits unterschiedliche Lokalanästhetika [9, 19, 40, 52] oder verschiedene Konzentrationen bzw. Volumina [8, 20, 54] eines Lokalanästhetikums zur distalen Ischiadicusblockade untersucht worden.

In einer Studie hatte Taboada et al. 2006 das minimale Volumen von Mepivacain 1,5% untersucht, das für einen Zugang in der Glutealregion und einen posterioren Zugang in der Kniekehle 9 cm proximal der Kniegelenksfalte notwendig ist. Grundsätzlich konnte er zeigen, dass für einen distalen Zugang ein deutlich größeres Volumen injiziert werden muss. Den höheren Lokalanästhetikumbedarf für einen distalen Zugang erklärten die Autoren durch eine größere Fettgewebs-masse, die sich bei einem Zugang 9 cm proximal der Kniegelenksfalte zwischen

N. tibialis und N. peroneus communis befinden kann, wenn sich die Nervenäste auf dieser Höhe bereits getrennt haben. In der vorliegenden Studie wurde die Effektivität zweier Bolusvolumina Ropivacain 0,5% (40 ml versus 20 ml) zur Ischiadicusblockade über einen distalen lateralen Zugangsweg untersucht. Die Auswertung der Ergebnisse ergab keinen signifikanten Unterschied in der Effektivität zwischen 40 ml und 20 ml Ropivacain 0,5% bzgl. einer sensiblen oder motorischen Blockade.

Zur Beurteilung der Effektivität einer Blockade wurde die Häufigkeit des Erreichens einer kompletten sensiblen und motorischen Blockade sowie die Zeit bis zum Erreichen der kompletten Blockade untersucht.

Vollständige sensible Blockade

Bzgl. einer vollständig sensiblen Blockade bestand zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied. Ein größeres Volumen als 20 ml führte nur innerhalb der ersten 10 Minuten zu einer schnelleren Anschlagzeit bzgl. der Sensibilität. Danach bestand keine Überlegenheit eines höheren Bolusvolumens. Fournier et al. 2006 hatte in einer Studie ebenfalls verschiedene Bolusvolumina von Ropivacain 0,5% zur distalen lateralen Ischiadicusblockade an insgesamt 60 Patienten untersucht. Über einen Zugang 10 cm proximal der lateralen Femurkondyle wurden 20, 30 oder 40 ml Ropivacain injiziert. Auch in ihrer Arbeit konnte zwischen den verschiedenen Bolusvolumina kein Unterschied bzgl. der Effektivität feststellt werden. Mit einem Erfolg von 85% bzw. 90% innerhalb 45 Minuten nach der Injektion von 20 bzw. 40 ml Ropivacain konnte diese Studie ähnliche Ergebnisse bzgl. einer sensiblen Blockade erzielen.

Vollständige motorische Blockade

Eine vollständige motorische Blockade wurde in der Gruppe I bei 6 von 20 Patienten nach 20 Min, in der Gruppe II bei 10 von 20 Patienten nach 29 Min erreicht. Auch bezüglich des Erreichens einer kompletten motorischen Blockade bestand somit kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Damit liegen im Vergleich zu einer Anschlagszeit von 26 Minuten in einer Studie von Taboada et al. 2004, in welcher die Nervenblockade über einen poplitealen

Zugangsweg mittels 0,75% Ropivacain mit 10 ml je Nervenast durchgeführt wurde, ähnliche Ergebnisse für einen distalen lateralen Zugang vor. Die von Taboada et al. 2004 in der selben Studie beschriebenen schnelleren Anschlagszeiten für eine komplette motorische Blockade (Anschlagszeit 12 Min) bei dem klassischen Zugangsweg nach Labat konnten in der vorliegenden Studie über den distalen Zugang ebenfalls nicht erreicht werden.

Fournier et al. 2006 hatte bzgl. einer kompletten motorischen Blockade über einen distalen Zugang mit 70 Min für 20 ml und 47 Min für 40 ml Ropivacain deutlich längere Zeiten bis zum Erreichen einer kompletten motorischen Blockade beschrieben. Diese Zeitangaben sind jedoch nicht mit der vorliegenden Studie vergleichbar, da der Beobachtungszeitrahmen mit bis zu 120 Minuten bei Fournier et al. 2006 deutlich länger war und damit zu höheren Durchschnittswerten führte.

Auch wenn in der vorliegenden Studie innerhalb 40 Minuten nach Punktion bei manchen Patienten keine komplette sensible und motorische Blockade erreicht werden konnte, wurde doch bei allen Patienten eine gute analgetische Wirkung während der Operation beobachtet. Für diesen Sachverhalt gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten. Zum einen ist es denkbar, dass noch nach 40 Minuten verspätet eine vollständige Blockade während der weiteren präoperativen Maßnahmen oder während der Operation eingetreten ist. Zum anderen ist für die Schmerzfreiheit während der Operation das Erreichen einer sensiblen und nicht einer motorischen Blockade ausschlaggebend. Bei allen Patienten wurde eine sensible Blockade vor dem Erreichen einer motorischen Blockade beobachtet. Dies lässt sich durch die unterschiedlichen Faserqualitäten der sensiblen und motorischen Nervenanteile erklären. Die Schmerzweiterleitung erfolgt über sensible C-Fasern, die sich im Vergleich zu motorischen Aα- und Aβ-Fasern u. a. durch ein schnelleres Ansprechen auf das nur gering lipophile Lokalanästhetikum Ropivacain auszeichnen [7]. Eine partielle sensible Blockade konnte in der vorliegenden Studie bei allen Patienten innerhalb von 40 Minuten erreicht werden. Eine partielle motorische Blockade wurde in Gruppe I nach durchschnittlich 20,6 Min und in Gruppe II nach durchschnittlich 18,3 Min erreicht. Diese Werte scheinen weitgehend mit den Ergebnissen der Studie von Fournier et al. 2006 übereinzustimmen, die eine partielle motorische Blockade bei einem Bolus von 40

ml Ropivacain 0,5% nach 20 Min bzw. bei einem Bolus von 20 ml nach 17 Min beschrieb.

4.1.2 Intraoperative Blockade-Effektivität

Intraoperativ wurde die Blockade-Effektivität anhand des zusätzlichen Bedarfs an kurzwirksamen Opiaten als wichtigstem Parameter sowie anhand verschiedener kardiozirkulatorischer Parameter untersucht. Durch die Ischiadicusblockade konnte die Vollnarkose relativ „flach“ gehalten werden. Die höchste bei jedem Studienteilnehmer gemessene endtidale Konzentration des Narkosegases Desfluran wurde ins Verhältnis zur altersspezifischen Minimalen Alveolären Konzentration gesetzt. In beiden Gruppen reichte eine sehr niedrige Desfluran-konzentration mit einer durchschnittlichen altersspezifischen MAC von 0,51 bzw. 0,48 zur Aufrechterhaltung einer Anästhesie aus. Als wichtigster Parameter zur Beurteilung der Blockade-Effektivität während der Operation wurde der zusätzliche Bedarf an opioidhaltigen Analgetika (Remifentanil) registriert. In beiden Gruppen war jeweils bei nur zwei Patienten eine zusätzliche Analgesie mit Remifentanil während der Operation notwendig. Der durchschnittliche Remifentanilverbrauch in ml war in beiden Gruppen vergleichbar. Die niedrigen MAC Werte in beiden Gruppen mit einem Maximalwert des altersspezifischen MAC von 0,67 und ein zusätzlicher Remifentanilbedarf bei insgesamt nur 4 von 40 Patienten bestärken die Annahme, dass auch bereits eine partielle sensible oder motorische Blockade zu einer guten Analgesie während der Operation führen kann. Zusätzlich wurden zum Vergleich der Gruppen kardiozirkulatorische Parameter untersucht. Auch hier konnte bzgl. den höchsten Herzfrequenz- und Blutdruckwerten kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden.

Zusammenfassend konnte in der vorliegenden Studie bzgl. der präoperativen und intraoperativen Blockade-Effektivität gezeigt werden, dass kein signifikanter Unterschied bzgl. der untersuchten Bolusvolumina Ropivacain 0,5% (40 ml versus 20 ml) besteht. Sowohl während der präoperativen Beobachtungszeit von 40 Minuten als auch während der Operation ergaben sich in beiden Gruppen sehr ähnliche Ergebnisse. Damit erscheint die Bolusgabe von 20 ml Ropivacain 0,5%

zur Anlage einer distalen lateralen Ischiadicusblockade ausreichend, insbesondere da durch ein höheres Volumen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens möglicher systemischer Nebenwirkungen steigt.
Grundsätzlich bleibt zu diskutieren, ob für eine periphere Nervenblockade nicht die Lokalanästhetikamenge, sondern vielmehr die genaue Lagebeziehung der Spitze der Injektionsnadel zum Nerven die entscheidende Rolle spielt. Wie in verschiedenen bereits genannten Studien [5, 10, 11, 12, 13, 22, 34, 36, 37, 38, 54, 57] beschrieben, kann im Rahmen einer ultraschallgestützen Ischiadicusblockade die Lagebeziehung von Punktionsnadel und Nerv sehr genau bestimmt werden. Es ist in Zukunft davon auszugehen, dass für ultraschallgestütze Ischiadicusblockaden kleinere Anästhetikavolumina ausreichend sein werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind nur für die Anwendung von Ropivacain 0,5% gültig und nicht auf andere Konzentrationen oder Anästhetika übertragbar. Möglicherweise könnte beispielsweise durch die Verwendung von mittellang wirksamen Anästhetika wie Prilocain 1% oder Mepivacain durch die schnellere Anschlagszeit die Zeit bis zur kompletten Blockade weiter verkürzt werden. Für die vorliegende Studie war allerdings nicht die Anschlagszeit allein ausschlaggebend. Da nach der Operation in der anschließenden postoperativen Phase die Analgesie weiter über den Ischiadicuskatheter erfolgen sollte, wurde bereits zur Ischiadicusblockade auf ein Medikament mit längerer Wirkdauer zurückgegriffen und auf eine kürzere Anschlagszeit verzichtet.
Prinzipiell wäre zum Vergleich zweier verschieden großer Bolusvolumina des Lokalanästhesikums eine alleinige Regionalanästhesie vorteilhaft gewesen. Jedoch bevorzugten viele Patienten einer zusätzlichen Allgemeinanästhesie. Die Anwendung einer Allgemeinanästhesie bei allen Studienteilnehmern ermöglichte die Durchführung der Studie an einem einheitlichen Patientenkollektiv.

4.1.3 Abhängigkeit der Blockadeeffektivität von der Reizantwort

In der vorliegenden Studie wurde auf Grund einer Stimulation oberhalb der Bifurkationshöhe bereits eine alleinige Reizantwort eines der beiden Nervenanteile des N. ischiadicus, d h. eine Reizantwort des N. tibialis (Plantarflexion) bzw. des

N. peroneus communis (Dorsalextension) als ausreichend bewertet. In der Vergangenheit wurde mehrfach diskutiert, ob bereits die bei der Nervenstimulation zur Lokalisierung des N. ischiadicus über einen distalen lateralen Zugang erhaltene Reizantwort eine Voraussage bzgl. der zu erwartenden Blockadeeffektiviät ermöglichen kann [20, 51].

Taboada et al. 2004 hatte über den Zusammenhang zwischen der ausgelösten Reizantwort und der Effektivität der sensiblen Blockade bei einem Zugang über die Fossa poplitea berichtet. Eine Plantarflexion als Reizantwort führe zu einer schnelleren Ansprechzeit und besseren Effektivität bezüglich einer sensiblen Blockade. Einer Studie von Fournier et al. 2006 zufolge, bei der zur Anlage eines distalen lateralen Zuganges an 60 Patienten zwischen Plantarflexion und Dorsalextension unterschieden wurde, war dagegen kein signifikanter Unterschied aufgefallen. In der vorliegenden Arbeit wurde bzgl. der Reizantwort ähnlich der Studie von Fournier et al. 2006 kein signifikanter Unterschied festgestellt. Die Unterscheidung zwischen Dorsalextension und Plantarflexion scheint damit, insbesondere wenn die Punktionshöhe oberhalb der Bifurkation liegt, für eine Voraussage bezüglich einer effizienten sensiblen oder motorischen Blockade über einen distalen lateralen Zugang nicht ausschlaggebend zu sein.

Diese Ergebnisse der Nervenstimulation sind nur auf einen distalen lateralen Zugang zu beziehen. Auf anderen Zugangshöhen bzw. bei Zugängen von posterior könnten andere Ergebnisse bzgl. der Reizantwort postuliert werden.

Aktuell werden bereits wie oben beschrieben [5, 11, 13, 34, 36, 37, 38, 57] vermehrt ultraschallgestütze Verfahren zur Ischiadicusblockade mit sehr guten Ergebnissen angewandt. Diese bildgebenden Verfahren erfordern keine Nervenstimulation bzw. das Generieren von Reizantworten. In der Zukunft werden sich diese Verfahren weiter bewähren müssen, werden aber voraussichtlich die elektrische Nervenstimulation im Rahmen einer Ischiadicusblockade weitgehend ablösen.

4.2 Postoperative Schmerztherapie

Viele Patienten, die einen operativen Eingriff vor sich haben, sind besonders über die postoperative Phase besorgt. Eberhart et al. 2002 konnten in einer Studie

zeigen, dass Patienten vor allem Übelkeit und Erbrechen (49%), sowie postoperative Schmerzen (27%) befürchten.

Nach einer Operation im Bereich der unteren Extremität klagen viele Patienten häufig über starke und prolongierte Schmerzen, welche meist den Einsatz von opioidhaltigen Analgetika erfordern, die als Nebenwirkung zu Übelkeit und Erbrechen führen können [30]. Heute werden zur postoperativen Schmerztherapie im Bereich der unteren Extremität zunehmend auch lokale Anästhesieverfahren mit einer kontinuierlichen Gabe nicht opioidhaltiger Lokalanästhetika über einen Ischiadicuskatheter angewandt. Durch mehrere Studien wurde der nützliche Einsatz einer kontinuierlichen Ischiadicusblockade zur postoperativen Analgesie belegt [14, 28, 63]. So konnte beispielsweise White et al. 2003 durch die kontinuierliche Gabe von 0,25% Bupivacain 5 ml/h über einen Ischiadicuskatheter im Kniebereich eine Schmerzreduktion um 50% sowie eine Reduktion des Bedarfs an opioidhaltigen Analgetika um 60% erreichen.

Ilfeld et al. 2004 hatte in einer Studie drei verschiedene Infusionsraten von Ropivacain 0,2% zur postoperativen Schmerztherapie über einen Ischiadicus-katheter auf Kniehöhe untersucht. Die Patienten wurden dazu in eine Bolusgruppe (0,3 ml/h Basisinfusion, Bolus 9,9 ml verfügbar 1x/h), in eine Basis-Bolusgruppe (8 ml/h Basisinfusion, Bolus 4 ml verfügbar 1x/h) sowie in eine Basisgruppe (12 ml/h, Bolus 0,05 ml verfügbar 1x/h) eingeteilt. Er konnte zeigen, dass sich ein Therapieregime mit einer Basisinfusion durch eine niedrigere Schmerzintensität, weniger Opioidbedarf sowie durch weniger Schlafstörungen und Durchbruch-schmerzen auszeichnet. Die Möglichkeit einer patientenkontrollierten Bolusgabe erlaubte eine geringere Basisinfusionsrate und insgesamt einen niedrigeren Analgetikaverbrauch. Allerdings musste bei insgesamt sechs von 20 Patienten mit einer Basisinfusionsrate von mindestens 8 ml/h die Therapie zumindest kurzfristig wegen eines kompletten Taubheitsgefühls der unteren Extremität unterbrochen werden [27]. In der vorliegenden Studie wurden alle Patienten postoperativ je nach Bedarf zwischen ein und sieben Tage über den distalen lateralen Ischiadicuskatheter analgetisch behandelt. Alle 40 Studienteilnehmer erhielten als kontinuierliche Basisinfusion Ropivacain 0,2% 5 ml/h. Zusätzlich konnten die Studienteilnehmer selbstständig bei Bedarf über eine patientenkontrollierte

Schmerzpumpe einen Bolus von je 3 ml alle 15 Minuten injizieren. Zur Beurteilung der postoperativen Phase wurden die Schmerzintensität und die Patientenzufriedenheit evaluiert. Bei der Bewertung der Schmerzintensität während der Behandlung über den Schmerzkatheter anhand einer Skala von 1 bis 10 durch die Patienten zeigte sich in der vorliegenden Studie eine sehr gute analgetische Wirkung. Die höchste durchschnittliche Schmerzintensität, die für einen Tag ermittelt wurde, lag bei 0,9 von 10 auf der VAS ohne Belastung und bei 1,6 von 10 auf der VAS mit Belastung. Es konnten damit deutlich niedrigere Schmerzintensitäten als in einer Studie von Ilfeld et al. 2004 ermittelt werden. Zudem musste in der vorliegenden Studie bei keinem der Teilnehmer die Schmerztherapie auf Grund eines kompletten Taubheitsgefühles unterbrochen werden. Insgesamt erscheint die Kombination einer niedrigeren Basisinfusion mit größeren und bei Bedarf häufiger zur Verfügung stehenden Boli zur Analgesie in der postoperativen Phase geeigneter. Daher sind in Zukunft weitere Untersuchungen zur Optimierung der Basisinfusionsrate, der Bolusgröße und Bolushäufigkeit sowie zu alternativen Lokalanästhetika und Konzentrationen erforderlich.

Wie bei der Blockadequalität spielt auch bei der postoperativen Schmerztherapie über einen Ischiadicuskatheter die Höhe des Zugangsweges für die erforderliche Analgetikamenge eine wesentliche Rolle. Bei einem proximaleren Zugang erscheint auch bzgl. der postoperativen Phase eine kleineres Lokalanästhetikavolumen ausreichend [56].

Ebenso wie bei der Blockadequalität konnte auch für die postoperative Schmerztherapie gezeigt werden, dass durch ein Ultraschall-gestütztes Aufsuchen des N. ischadicus im Vergleich zur Anwendung eines Nervenstimulators bei der Anlage des Ischiadicuskatheters, ein niedrigerer Lokalanästhetikaverbrauch erreicht werden kann [5]. Bezüglich der Schmerzintensität und Patientenzufriedenheit erscheint nicht das Lokalanästhetikavolumen oder die -konzentration, sondern die Gesamtdosis entscheidend [37]. Jedoch ist zu erwarten, dass es durch größere Basisinfusionsraten bzw. durch höhere Volumina wie in der Studie von Ilfeld et al. 2004 häufiger zu einem kompletten Taubheitsgefühl der unteren Extremität kommen kann.

Patientenzufriedenheit während der postoperativen Phase

Die Patientenzufriedenheit war während der gesamten Durchführung anästhesiologischer Maßnahmen sehr hoch. Am Operationstag bzw. am ersten postoperativen Tag wurden die Patienten aufgefordert, ihre Zufriedenheit über den Verlauf der anästhesiologischen Maßnahmen auf einer Visuellen Analog-Skala von 1 bis 10 anzugeben. Zu beiden Zeitpunkten lag die durchschnittliche Bewertung bei 9,7 von maximal 10. Ebenso wurden die Patienten am Operationstag bzw. am 1. postoperativen Tag gebeten, einen ins deutsche übersetzten QoR-Fragebogen (QoR = Quality of Recovery) mit hoher Reliabilität [15] zur Quantifizierung der postoperativen Erholung auszufüllen. Die durchschnittliche Bewertung lag bei 15,5 ± 1,0 bzw. 16,8 ± 1,4 von max. 18 Punkten. Der deutliche Anstieg der Bewertung vom OP-Tag zum ersten postoperativen Tag ist wahrscheinlich darin begründet, dass mehrere Patienten am Operationstag zum Zeitpunkt der Fragestellung noch nicht auf der Toilette waren, und somit die Frage nach einem problemlosen Gang zur Toilette mit einer 0 anstatt einer 2 bewerteten. Eine Benotung über den gesamten Verlauf aller postoperativen Maßnahmen durch die Studienteilnehmer gemäß Schulnoten-system ergab eine durchschnittliche Bewertung von 1,4.

4.3 Abschließende Bewertung durch die Studienteilnehmer

Die Tatsache, dass insgesamt 39 von 40 Patienten das angewandte Narkoseverfahren bei einem erneuten operativen Eingriff wiederwählen würden, ist ein weiterer Beleg dafür, dass dieses für den Anästhesisten einfach und schnell anwendbare Verfahren auch bei Patienten ein hohes Maß an Akzeptanz und Zufriedenheit erfährt. Für diese große Zufriedenheit seitens der Studienteilnehmer sind hauptsächlich zwei Punkte ausschlaggebend. So konnte in einer für den Patienten angenehmen Lagerung eine zügige Katheteranlage erfolgen, ohne eine für den Patienten eventuell schmerzhafte Umlagerung durchführen zu müssen.
Außerdem scheint für die Patienten die postoperative Phase entscheidend: Durch die Anwendung des Ischiadicuskatheters konnte im postoperativen Verlauf auf opioidhaltige Analgetika verzichtet werden, wodurch es nicht zu den von den Patienten am meisten befürchteten Nebenwirkungen opioidhaltiger Anästheika wie

Übelkeit und Erbrechen kam [16], während durch den Einsatz der Schmerzpumpe eine nahezu vollständige Schmerzfreiheit in der postoperativen Phase erreicht werden konnte.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen operativer Eingriffe im Bereich der unteren Extremität verspüren Patienten häufig Schmerzen von hoher Intensität. Derzeit werden vermehrt regionale Nervenblockadeverfahren alleine oder in Kombination mit einer Allgemeinanästhesie zur Narkose sowie zur postoperativen Schmerztherapie angewandt. In der vorliegenden Studie wurde zunächst die Anwendung zweier verschieden großer Bolusvolumina Ropivacain 0,5% (40 ml versus 20 ml) zur Ischiadicusblockade über einen distalen lateralen Zugang bezüglich Anschlagszeit und Effektivität verglichen. In einem zweiten Schritt wurde die postoperative Schmerztherapie über einen distalen lateralen Ischiadicuskatheter bezüglich Schmerzintensität und Patientenzufriedenheit untersucht. Insgesamt wurden 40 Patienten, welche sich einer Operation an der unteren Extremität unterziehen mussten, randomisiert in zwei Gruppen zu je 20 Teilnehmern, in die Studie aufgenommen. Die Punktion erfolgte in Rückenlage von lateral, eine Patientenhandbreite proximal des oberen Patellarandes knapp ventral der Sehne des Caput longum des Musculus biceps femoris. Dieser distal laterale Zugangsweg erforderte keine für den Patienten eventuell schmerzhafte Umlagerung. Zur Lokalisierung des Nervs wurde ein Nervenstimulator angewandt. Bei keinem Studienteilnehmer kam es zu einer Komplikation.

In der vorliegenden Studie zeigte sich bei der Anwendung der zu vergleichenden Bolusvolumina Ropivacain 0,5% (40 ml versus 20 ml) kein signifikanter Unterschied bezüglich der Anschlagszeit und Blockadeffektivität. Als wichtigster Parameter zur Beurteilung der intraoperativen Blockadequalität wurde der zusätzliche Bedarf an kurzwirksamen Opiaten beobachtet. In beiden Gruppen wurde jeweils bei lediglich zwei Patienten eine zusätzliche Gabe von Opioiden über die während der Narkoseinduktion verabreichte Menge hinaus notwendig. Die Ergebnisse zeigen, dass im Vergleich zu den in der Literatur beschriebenen proximalen Zugängen bei einem distalen Zugang eine längere Anschlagszeit bis zur Blockade benötigt wird. Ein etwas größerer Zeitaufwand bei einem distalen Zugang lässt sich durch ein geringeres periprozedurales Risiko rechtfertigen.

Zudem besteht die Möglichkeit durch die Wahl eines kurzwirksameren Anästhetikums die Anschlagszeit zu verkürzen. Da die vorliegenden Ergebnisse zur distalen lateralen Ischiadicusblockade bezüglich der Anwendung von Ropivacain 5% (40 ml versus 20 ml) keine signifikanten Unterschiede zeigen, erscheint die einmalige Bolusgabe von 20 ml Ropivacain 0,5% ausreichend, insbesondere da durch ein höheres Volumen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens möglicher systemischer Nebenwirkungen steigt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind nur für die Anwendung von Ropivacain 0,5% gültig und nicht auf andere Konzentrationen oder Anästhetika übertragbar. Desweiteren wurde die Nervenblockade bei allen Patienten mit einer Allgemeinanästhesie kombiniert. In neueren Studien wurde das ultraschallgesteuerte Aufsuchen des Nervus ischiadicus beschrieben. Damit kann der Nerv genauer lokalisiert und eine optimalere Annäherung der Injektionsnadel an den Nerv erreicht werden, sodass noch kleinere Anästhetikavolumina ausreichend sind. In einem zweiten Schritt konnte gezeigt werden, dass die Anwendung einer Kathetertechnik über den distalen lateralen Zugang eine gute Analgesie in der frühen und späten postoperativen Phase ermöglichen kann. Die Patienten erhielten als kontinuierliche Basisinfusion Ropivacain 0,2% 5 ml/h. Zusätzlich konnten die Studienteilnehmer selbstständig bei Bedarf über eine patientenkontrollierte Schmerzpumpe einen Bolus von je 3 ml alle 15 Minuten injizieren. Die postoperative Schmerzintensität wurde von den Studienteilnehmern stets als gering angegeben. Eine zusätzliche Gabe von systemisch wirkenden Opioiden oder nichtsteroidalen Antiphlogistika war nicht erforderlich. In der Literatur wurde beschrieben, dass zur postoperativen Schmerztherapie eine Kombination aus Basisinfusion mit patientenkontrollierter Bolusgabe einer alleinigen Bolusgabe oder Basisinfusion überlegen ist. Für größere Volumina wurde häufiger das Auftreten von Taubheitsgefühlen im Bein beschrieben. Eine alleinige Bolustherapie dagegen führte zu höheren Schmerzen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bezüglich der postoperativen Schmerztherapie sind nur für die Anwendung von Ropivacain 0,2% gültig. Daher sind weitere Untersuchungen zur Optimierung der Basisinfusionsrate, der Bolusgröße und Bolushäufigkeit sowie über alternative Lokalanästhetika und Konzentrationen erforderlich.

6. Literaturverzeichnis

1 Auroy Y, Benhamou D, Bargues L, Ecoffey C, Falissard B, Mercier F J, Bouaziz H, Samii K, Mercier F: Major complications of regional anesthesia in France: The SOS Regional Anesthesia Hotline Service. Anesthesiology 97: 1274-1280 (2002)

2 Auroy Y, Narchi P, Messiah A, Litt L, Rouvier B, Samii K: Serious complications related to regional anesthesia: results of a prospective survey in France. Anesthesiology 87: 479-486 (1997)

3 Barreveld A, Witte J, Chahal H, Durieux M, Strichartz G: Preventive Analgesia by Local Anesthetics: The Reduction of Postoperative Pain by Peripheral Nerve Blocks and Intravenous Drugs. Anesthesia & Analgesia 116: 1141-1161 (2013)

4 Beck G P: Anterior approach to sciatic nerve block. Anesthesiology 24: 222-224 (1963)

5 Bendtsen T F, Nielsen T D, Rohde C V, Kibak K, Linde F: Ultrasound guidance improves a continuous popliteal sciatic nerve block when compared with nerve stimulation. Regional anesthesia and pain medicine 36: 181-184 (2011)

6 Bothner U, Schwilk B, Steffen P, Eberhart L H J, Becker U, Georgieff M: Perioperative Anästhesieverlaufsbeobachtungen, postanästhesiologische Visite und Befragung zur Patientenzufriedenheit – Eine prospektive Studie zu Parametern der Prozess- und Ergebnisqualität in der Anästhesie. Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 31: 608-614 (1996)

7 Büttner J, Meier G: Kontinuierliche periphere Techniken zur Regionalanästhesie und Schmerztherapie - Obere und untere Extremität 1. Auflage. Uni-Med Verlag AG, Bremen S. 132-144 (1999)

8 Cappelleri G, Ambrosoli A L, Turconi S, Gemma M, Ricci E B, Cornaggia G: Effect of local anesthetic dilution on the onset time and duration of double-injection sciatic nerve block: A prospective, randomized, blinded evaluation. Anesthesia & Analgesia 119: 489-493 (2014)

9 Casati A, Borghi B, Fanelli G, Cerchierini E, Santorsola R, Sassoli V, Grispigni C, Torri G: A Double-Blinded, Randomized Comparison of Either 0.5% Levobupivacaine or 0.5% Ropivacaine for Sciatic Nerve Block. Anesthesia & Analgesia 94, 987-990 (2002)

10 Chan V W S, Nova H, Abbas S, Mc Cartney C J L, Perlas A, Xu D Q: Ultrasound examination and localization of the sciatic nerve. Anesthesiology 104: 09-314 (2006)

11 Danelli G, Ghisi D, Fanelli A, Ortu A, Moschini E, Berti M, Ziegler S, Fanelli G: The effects of ultrasound guidance and neurostimulation on the minimum effective anesthetic volume of mepivacaine 1,5% required to block the sciatic nerve using the subgluteal approach. Anesthesia & Analgesia 109: 1674-1678 (2009)

12 De Tran Q H, Dugani S, Pham K, Al-Shaafi A, Finlayson R J: A randomized comparison between subepineural and conventional ultrasound-guided popliteal sciatic nerve block. Regional Anesthesia and Pain Medicine 36: 548-552 (2011)

13 De Tran Q H, Gonzales A P, Bernucci F, Pham K, Finlayson R J: A randomized comparison between bifurcation and prebifurcation subparaneural popliteal sciatic nerve blocks. Anesthesia & Analgesia 116: 1170-1175 (2013)

14 Di Benedetto P, Casati A, Bertini L, Fanelli G, Chelly J E: Postoperative analgesiea with continuous sciatic nerve block after foot surgery: A prospective, randomized comparison between the popliteal and subgluteal approaches. Anesthesia & Analgesia 94: 996-1000 (2002)

15 Eberhart L H J, Greiner S, Wulf H: Patientenbeurteilung der postoperativen Erholung. Eine Validierung des QoR-Scores an 577 Patienten. Anaesthesist 51: 463- 466 (2002)

16 Eberhart L H J, Morin A M, Wulf H, Geldner G: Patient preferences for immediate postoperative recovery. British Journal of Anaesthesia 89 : 760-761 (2002)

17 Fanelli C, Casati A, Garnacini P, Torri G: Nerve stimulator and multiple injction technique for upper and lower limb blockade: failure rate, patient acceptance and neurologic complications. Anesthesia & Analgesia 88, 847-52 (1999)

18 Floch H, Naux E, Dang C P, Dupas B, Pinaud M: Computer tomography scanning of the sciatic nerve posterior to the femur; practical implications for the lateral midfemoral block: Anesthesia and Pain Medicine 28: 445-449 (2003)

19 Fournier R, Faust A, Chassot O, Gamulin Z: Levobupivacaine 0.5% provides longer analgesia after sciatic nerve block using the Labat approach than the same dose of ropivacaine in foot and ankle surgery. Anesthesia & Analgesia 110: 1486-1489 (2010)

20 Fournier R, Weber A, Gamulin Z: No differences between 20, 30 or 40 ml Ropivacaine 0,5 % in continuous later popliteal sciatic-nerve block. Regional Anesthesia and Pain Medicine 31: 455-459 (2006)

21 Graf B M, Martin E: Peripheral nerve block. An overview of new developments in an old technique. Anaesthesist 50: 312-322 (2001)

22 Gray A T, Collins A B, Schafhalter-Zoppoth I: Sciatic nerve block in a child: a sonographic approach. Anesthesia & Analgesia 97: 1300-1302 (2003)

23 Hadzic A, Vloka J D, Singson R, Santos A C, Thys M D: A comparison of intertendinous and classical approaches to popliteal nerve block using magnetic resonance imaging simulation. Anesthesia & Analgesia 94: 1321-1324 (2002)

24 Hadzic A, Vloka J D: A comparison of the posterior versus lateral approaches to the block of the sciatic nerve in the popliteal fossa. Anesthesiology 88: 1480-1486 (1998)

25 Hadzic A, Vloka J D, Kuroda M M, Koorn R, Birnbach D J. The practice of peripheral nerve blocks in the united states: a national survey. Regional anesthesia and pain medicine 23: 241-246 (1998)

26 Horlocker T T, Hebl J R, Kinney M A, Cabanela M E: Opioid-free analgesia following total knee arthroplasty - a multimodal approach using continuous lumbar plexus (psoas compartment) block, acetaminophen, and ketorolac. Regional anesthesia and pain medicine 27: 105-108 (2002)

27 Ilfeld B M, Loland V J, Gerancher J C, Wadhwa A N, Renehan E M, Sessler D I, Shuster JJ, Theriaque D W, Maldonado R C, Mariano E R: The effects of varying local anestetic concentration and volume on continuos popliteal sciatic nerve blocks: a dual-center, randomized, controlled study. Anesthesia & Analgesia 107: 701-707 (2008)

28 Ilfeld B M, Morey T E, Wang R D, Enneking F K: Continuous popliteal sciatic nerve block for postoperative pain control at home. Anesthesiology 97: 959-957 (2002)

29 Ilfeld B M, Thannikary L J, Morey T E, Vander Griend R A, Enneking FK: Popliteal sciatic perineural local anesthetic infusion: A comparison of three dosing regiments for postoperative analgesia. Anesthesiology 101: 970-977 (2004)

30 Jin F, Chung F: Multimodal analgesia for postoperative pain control. Journal of Clinical Anesthesia 13, 524-539 (2001)

31 Kehlet H: Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. British Journal of Anaesthesia 78, 606-617: (1997)

32 Klinke R: Bauelemente des Nervensystems. In: Klinke R, Silbernagel S (Hrsg) Lehrbuch der Physiologie 4. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, S. 570-573 (2003)

33 Labat G: Regional anesthesia - its technic and clinical application. W. B. Saunders Company, Philadelphia and London, S. 286-298 (1922)

34 Lam N C, Petersen T R, Gerstein N S, Yen T, Starr B, Mariano E R: 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 33: 1057-1063 (2014)

35 Larsen, R: Anästhesie 6. Auflage, Urban & Schwarzenberg, München, S. 585 (1999)

36 Latzke D, Marhofer P, Zeitlinger M, Machata A, Neumann F, Lackner E, Kettner S C: Minimal local anaesthetic volumes for sciatic nerve block: Evaluation of ED99 in volunteers. British Journal of Anaesthesia 104: 239-244 (2010)

37 Madison S J, Monahan A M, Agrawal R R, Furnish T J, Mascha E J, Xu Z, Donohue M C, Morgan A C, Ilfeld B M: A randomized, triple-masked, active-controlled investigation of the relative effects of dose, concentration, and infusion rate for continuous popliteal-sciatic nerve blocks in volunteers. British Journal of Anaesthesia 114: 121-129 (2014)

38 Moayeri N, Krediet A C, Welleweerd J C, Bleys R L A W, Groen J: Early ultrasonographic detection of low-volume intraneural injection. British Journal of Anaesthesia 109: 432-438 (2012)

39 Morken I A: Überprüfung geeigneter anatomischer Landmarken für einen distalen, lateralen Zugang zum Nervus ischiadicus: eine anatomische und magnetresonanztomographische Untersuchung. MedDissertation, Universität Ulm (2009)

40 Nader A, Kendall M C, De Oliveira G S, Puri L, Tureanu L, Brodskaia A, Asher Y, Parimi V, McCarthy R J: A dose-ranging study of 0,5% Bupivacaine or Ropivacaine on the success and duration of the ultrasound-guided, nerve-stimultator-assisted sciatic nerve block. Regional anesthesia and pain medicine 38: 492- 502 (2013)

41 Needoff M, Radford P, Costigan P: Local anesthesia for postoperative pain relief after foot surgery: a postoperative clinical trial. Foot & Ankle International 16: 11-13 (1995)

42 Neuburger M, Hendrich E, Lang D, Dinse A, Wagner F, Freund W, Brinkmann A, Büttner J: Laterale Ischiadikusblockaden, Biometrische Daten anhand magnetresonanztomographischer Untersuchungen. Der Anästhesist 9: 877-882 (2005)

43 Paqueron X, Bouaziz H, Macalou D, Labaille T, Merle M, Laxenaire M C, Benhamou D: The lateral approach to the sciatic nerve at the popliteal fossa: one or two injections. Anesthesia & Analgesia 89: 1221-1228 (1999)

44 Paqueron X, Narchi P, Mazoit J-X, Singelyn F, Benichou A, Macaire P: A randomized, observer-blinded determination of the median effektive volume of local anesthetic required to anesthetize the sciatic nerve in the popliteal fossa for

simulating and nonsimulating perineural catheters. Regional Anesthesia and Pain Medicine 34: 290-295 (2009)

45 Putz R, Pabst R: Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen 21. Auflage, Urban & Fischer, München Jena, S. 350 (2000)

46 Schiebler T H, Schmidt W, Zilles K: Anatomie 8. Auflage, Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 373-376 (1999)

47 Schimek F, Deusch H: New technique of sciatic nerve block in the popliteal fossa. European Journal of Anaesthesiology 12: 163-169 (1995)

48 Stevens M F, Werdehausen R, Hermanns H, Lipfert P: Skin temperature during regional anesthesia of the lower extremity. Anesthesia & Analgesia 102: 1247-51 (2006)

49 Striebel H W: Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin für Studium und Ausbildung 6. Auflage, Schattauer, Stuttgart, S. 3 (2005)

50 Taboada M, Alvarez J, Cortes J, Rodriguez J, Rabanal S, Gude F, Atanasoff A, Anastasoff P G: The effects of three different approaches on the onset time of sciatic nerve blocks with 0,75% Ropivacaine. Anesthesia & Analgesia 98: 242-247 (2004)

51 Taboada M, Alvarez M, Cortes J, Rodriguez J, Atanasoff P G: Lateral approach to the sciatic nerve block in the popliteal fossa: Correlation between evoked motor response and sensory block. Regional anesthesia and pain medicine 28: 450- 455 (2003)

52 Taboada M, Cortes J, Rodriguez J, Uloa M, Alvarez J, Atanassoff P G: Lateral approach to the sciatic nerve block in the popliteal fossa: A coparison between 1,5% Mepivacain and 0,75% Ropivaciane. Regional anesthesia and pain medicine 28: 516-520 (2003)

53 Taboada M, Rodriguez J, Alvarez J, Cortes J, Gude F, Atanasoff P G: Sciatic nerve block via posterior labat approach is more efficient than lateral popliteal approach using a double-injection technique. Anesthesiology 101: 138-142 (2004)

54 Taboada M, Rodriguez J, Bermudez M, Valino C, Blanco N, Amor M, Aguirre P, Masid A, Cortes J, Alvarez J, Atanassoff P G: Low volume and high concentration of local anesthetic is more efficacious than high volume and low concentration in Labat´s sciatic nerve block: a prospective, randomized comparison. Anesthesia & Analgesia 107: 2085-2088 (2008)

55 Taboada M, Rodriguez J, Valino C, Carceller J, Bascuas B, Oliveira J, Alvarez J, Gude F, Atanasoff P G: What is the minimum effective volume of local anesthetic required for sciatic nerve blockade? A prospektive, randomized comparison between a popliteal and a subgluteal approach. Anesthesia & Analgesia 102: 593-597 (2006)

56 Taboada M, Rodriguez J, Valino C, Vazquez M, Laya A, Garea M, Carceller J, Alvarez J, Atanasoff V, Atanasoff P G: A prospective, randomized comparison between the popliteal and subgluteal approaches for continuous sciatic nerve block with stimulating catheters. Anesthesia & Analgesia 103: 244-247 (2006)

57 Techasuk W, Bernucci F, Cupido T, Gonzalez A, Correa J A, Finlayson R J, De Tran Q H: Minimum effektive Volume of combined lidocaine-bupivacaine for analgesic subparaneural popliteal sciatic nerve block. Regional Anesthesia and Pain Medicine 39: 108-111 (2014)

58 Triado V C, Crespo D E A A M T, Aguilar J L, Anastassoff P G, Palanca J M, Moro B A: Comparison of lateral popliteal versus lateral midfemoral sciatic nerve blockade using Ropivacaine 0,5%. Regional anesthesia and pain medicine 29: 23-27 (2004)

59 Van Geffen G J, Van den Broek E, Braak G J J: A prospective randomized controlled trial of ultrasound guided versus nerve stimulation guided distal sciatic nerve block at the popliteal fossa. Anaesthesia and Intensive Care 37, 32-37 (2009)

60 Vloka J D, Hadzic A, Kitain E, Lesser J B, Kuroda M, April E, Thys D M: Anatomic consideration for sciatic nerve block in the popliteal fossa through the lateral approach. Regional Anesthesia 21: 414-418 (1996)

61 Vloka J D, Hadzic A, April E, Thys D M: The division of the sciatic nerve in the popliteal fossa: Anatomical implications for popliteal nerve blockade. Anesthesia & Analgesia 92: 215-217 (2001)

62 Vloka J D, Hadzic A, Koorn R, Thys D M: Supine approach to the sciatic nerve in the popliteal fossa. Canadian Journal of Anaesthesia 43: 964-967 (1996)

63 White P F, Issioui T, Skrivanek G D, Early J S, Wakefield C: The use of a continuous popliteal sciatic nerve block after surgery involving the foot and ankle: Does it Improve the quality of recovery? Anesthesia & Analgesia 97: 1303-1309 (2003)

64 Zetlaoui P J, Bouaziz H: Lateral Approach to the Sciatic Nerve in the Popliteal Fossa. Anesthesia & Analgesia 87: 79-82 (1998)

Danksagung

Ich danke

ganz besonders meinem Doktorvater Herrn Privatdozent Dr. Florian Wagner für die Übernahme der Doktorvaterschaft, die außerordentlich gute Betreuung meiner Arbeit und die vielen motivierenden Projektbesprechungen.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med h. c. M. Georgieff für die Überlassung des Themas und die Bereitstellung der für die Studie notwendigen Ressourcen.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Freundin Patricia, die mich während der Doktorarbeit stets unterstützt und beraten hat. Danke, dass Du mich in den schwierigen Phasen dieser Doktorarbeit bestärkt und bis zum Schluss motiviert hast. Ohne Dein großes Verständnis und Deine Geduld wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Zum Schluss möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mich stets gefördert und mit ganzer Kraft unterstützt hat. Danke für die Gewissheit, mich immer auf Euch verlassen zu können.

Lebenslauf

Geburtsdatum	7. Dezember 1980
Geburtsort	Ichenhausen
Staatsangehörigkeit	deutsch
Schulzeit	1987 – 1991 Grundschule Fischach 1991 – 2000 Ringeisen Gymnasium Ursberg
Zivildienst	2000 – 2001 Offene Behindertenarbeit bei der Arbeiterwohlfahrt Fischach
Studium	2001 – 2007 Medizinstudium an der Universität Ulm 08/2003 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung 11/2007 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung und Approbation
Berufserfahrung	01/2008 – 09/2010 Klinik für Unfallchirurgie, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie Zentralklinikum Augsburg 10/2010 bis 09/2015 Weiterbildung Physikalische und Rehabilitative Medizin in der Fachklinik Ichenhausen Ab 10/2015 Weiterbildung Innere Medizin in der Donauklinik Neu-Ulm
Facharztanerkennung	03/2015 Anerkennung zum Facharzt für Physikalische und Rehabilitative Medizin
Promotion	Doktorarbeit an der Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Ulm Thema: Vergleich zweier Lokalanästhetika – Volumina für die distale laterale Nervus ischiadicus Blockade
Interessen	Konzert- und Theaterbesuche, Bergwandern