

Diplomarbeit

**Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin
Ein systematisches Review**

eingereicht von

Amir Hmissi

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

Univ. OA Priv.-Doz. Dr.med.univ. Dr.scient.med. Paul Zajic, DESA

Univ. FA Dr.med.univ. Dr.scient.med. Gabriel Honnef

Graz, am 18.04.2024

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 18.04.2024

Amir Hmissi eh.

Danksagungen

Hiermit möchte ich mich von ganzem Herzen bei all jenen bedanken, die mich während jeglicher Phasen der Erstellung dieser Arbeit ermutigt sowie fortlaufend unterstützt haben und mir stets Kraft gespendet haben.

Mein größter Dank gilt meinen beiden Betreuern, Univ. FA Dr.med.univ. Dr.scient.med. Honnef Gabriel und Univ. OA Priv.-Doz. Dr.med.univ. Dr.scient.med. Paul Zajic, DESA, für die ausgiebige Unterstützung bei meiner Arbeit. Besonders bedanken möchte ich mich für all die aufgewandte Zeit sowie die schier unendliche Geduld und Fürsorge, mit welcher all meine Anliegen betreut wurden.

Weiters ein Dankeschön an meine beiden Eltern, an die ich mich immer wenden und auf die ich mich permanent verlassen kann.

Außerdem möchte ich mich auch herzlichst bedanken bei all meinen lieben Freund*innen, ohne deren aufbauende Worte und mentaler Beistand dies ganz bestimmt nicht möglich gewesen wäre.

Im Übrigen bedanke ich mich noch ausgiebig bei all meinen Studienkolleg*innen und Arbeitskolleg*innen für die stetige Motivation und die Hilfe, die mir immer wieder angeboten wurde.

Zusammenfassung

Einleitung

Die Regionalanästhesie wird bereits häufig in Notaufnahmen oder im präoperativen Bereich eingesetzt, meist zur Schmerzlinderung bei Extremitätenverletzungen, aber auch zur Spinal- oder Epiduralanästhesie.

Diese Studie konzentriert sich auf die präklinischen Indikationen der Regionalanästhesie, da präklinisch die personellen und materiellen Ressourcen im Vergleich zu einer Notaufnahme begrenzt sind.

Darüber hinaus soll diese Studie mehr Informationen über den präklinischen Anwendungsbereich der Regionalanästhesie sowie über die Vorteile und Nachteile der präklinischen Regionalanästhesie im Vergleich zur intravenösen Analgesie liefern.

Material und Methoden

Es wurde eine systematische Übersichtsarbeit unter Anwendung der PRIMSA-Methode durchgeführt. Von 295 Studien, die über Pubmed in MEDLINE gefunden wurden, erfüllten nur fünf die Zulassungskriterien, da Studien, die älter als zehn Jahre waren, Meta-Analysen, systematische Reviews, Reviews und innerklinische Regionalanästhesie ausgeschlossen wurden. Die eingeschlossenen Patient*innen waren 18 Jahre oder älter.

Ergebnisse

In den fünf eingeschlossenen Studien wurden insgesamt 337 Patient*innen eingeschlossen, wovon bei 204 Patient*innen präklinisch Regionalanästhesie angewandt wurde. Von diesen 204 Patient*innen wurde bei 138 eine Fascia-iliaca-Blockade, bei 52 eine Nervus-femoralis-Blockade, bei zwölf eine Kombination aus Nervus-femoralis-Blockade und Nervus-ischiadicus-Blockade und bei zwei eine Plexus-brachialis-Blockade durchgeführt. Insgesamt wurde eine signifikante Verringerung der Schmerzen anhand der NRS-Skala oder gleichwertiger Skalen beschrieben. Es wurden keine Nebenwirkungen festgestellt.

Conclusio

Diese Studie zeigt, dass die präklinische Regionalanästhesie zu einer signifikant höheren Schmerzreduktion führen kann als intravenöse Analgesie allein und dabei auch

kompliationsärmer ist. Außerdem waren neben ärztlichem Personal auch Pflegekräfte und Sanitäter*innen in der Lage, präklinische Regionalanästhesie erfolgreich durchzuführen. Derzeit werden vor allem die Fascia-iliaca-Blockade und die Nervus-femoralis-Blockade präklinisch durchgeführt, aber in Zukunft sind mehr Indikationen für andere Körperregionen und eine häufigere Anwendung der präklinischen Regionalanästhesie zu erwarten.

Abstract

Introduction

Regional anesthesia is already frequently being used in emergency departments or in a preoperative setting, mostly to reduce pain of extremity injuries but also for spinal or epidural anesthesia.

This study concentrates on the prehospital indications of regional anesthesia, considering that prehospitally, there are limited resources in personnel and equipment compared to an emergency department.

Moreover, this study aims to provide more information about the prehospital scope of regional anesthesia as well as the advantages and inconveniences of prehospital regional anesthesia in comparison to intravenous analgesia.

Material and Methods

A systematic review was conducted applying the PRIMSA-method. Of 295 studies found via Pubmed in MEDLINE only five met the eligibility criteria. Studies older than ten years, meta-analysis, systematic reviews, reviews, and regional anesthesia inside the hospital were excluded. The patients included were 18 years or older.

Results

A total of 337 patients were included in the five included studies, of which regional anesthesia was used prehospitally in 204 patients. Of these 204 patients, 138 received a fascia iliaca compartment block, 52 received a femoral nerve block, twelve received a combination of a femoral nerve block as well as a sciatic nerve block and two received a brachial plexus block. In total, a significant reduction of pain using the NRS or equivalent scales was described. No side effects were recorded.

Conclusion

This study highlights that prehospital regional anesthesia can lead to a significantly higher reduction in pain compared to intravenous analgesia alone, while also being less prone to complications. Furthermore, besides medical doctors, nurses and paramedics were also able to successfully perform prehospital blocks.

Currently, mostly the fascia iliaca compartment block and the femoral nerve block are being performed prehospitally, but in the future more indications for other body regions and more frequent utilization of prehospital regional anesthesia are expected.

Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen

Es erfolgten keine Veröffentlichungen.

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNGEN	III
ZUSAMMENFASSUNG	IV
ABSTRACT	VI
ANGABEN VON BEREITS ERFOLGEN VERÖFFENTLICHUNGEN	VIII
INHALTSVERZEICHNIS.....	IX
ABKÜRZUNGEN UND DEREN ERKLÄRUNG.....	XI
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	XII
TABELLENVERZEICHNIS	XIII
1 EINLEITUNG.....	1
1.1 SCHMERZEN	2
1.1.1 <i>Schmerzentstehung</i>	2
1.1.2 <i>Schmerzarten</i>	3
1.1.3 <i>Schmerzdokumentation</i>	3
1.1.4 <i>Schmerztherapie</i>	4
1.2 LOKALANÄSTHETIKA	5
1.2.1 <i>Wirkmechanismus von Lokalanästhetika</i>	5
1.2.2 <i>Nebenwirkungen von Lokalanästhetika</i>	6
1.2.3 <i>Adjuvantien</i>	6
1.3 REGIONALANÄSTHESIE	6
1.3.1 <i>Anatomischer Hintergrund</i>	7
1.3.2 <i>Thorakale Blockaden</i>	7
1.3.3 <i>Plexus-brachialis</i>	9
1.3.4 <i>Plexus-lumbosacralis</i>	10
1.3.5 <i>Vorteile der Regionalanästhesie im Vergleich zu systemischer Analgesie</i>	11
1.3.6 <i>Indikationen der Regionalanästhesie in der (präklinischen) Notfallmedizin</i>	12
1.3.7 <i>Durchführung der Regionalanästhesie</i>	14
1.3.8 <i>Komplikationen der Regionalanästhesie</i>	16
2 MATERIAL UND METHODEN	17
2.1 STUDIENAUFBAU	17
2.1.1 <i>Ein- und Ausschlusskriterien</i>	17
2.2 STUDIENZIEL	17

2.3	QUELLEN UND SUCHSTRATEGIE	18
2.4	DATENEXTRAKTION	18
2.4.1	<i>Flussdiagramm</i>	19
3	ERGEBNISSE	20
3.1	EINGESCHLOSSENE STUDIEN	20
3.1.1	<i>„Paramedic“-Studie</i>	20
3.1.2	<i>„EMS-Nurse“-Studie</i>	21
3.1.3	<i>Geriatric-Studie</i>	21
3.1.4	<i>Ultraschall-Studie</i>	22
3.1.5	<i>Magnesiumsulfat-Studie</i>	23
3.2	SCHMERZREDUKTION DURCH PRÄKLINISCHE REGIONALANÄSTHESIE.....	24
3.3	KOMPLIKATIONEN PRÄKLINISCHER REGIONALANÄSTHESIE	25
3.4	DURCHFÜHRBARKEIT PRÄKLINISCHER REGIONALANÄSTHESIE	25
3.4.1	<i>Zeitaufwand präklinischer Regionalanästhesie</i>	25
4	DISKUSSION	26
4.1	BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN	26
4.1.1	<i>Effektivität präklinischer Regionalanästhesie</i>	26
4.1.2	<i>Komplikationen präklinischer Regionalanästhesie</i>	26
4.1.3	<i>Durchführbarkeit präklinischer Regionalanästhesie</i>	27
4.2	BEDEUTUNG FÜR ZUKÜNFTIGE FORSCHUNG	28
4.3	LIMITATIONEN	29
4.4	CONCLUSIO	30
5	LITERATURVERZEICHNIS	31

Abkürzungen und deren Erklärung

BRS	behaviour related scale
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
EMS	emergency medical service
etc.	et cetera
i.v.	intravenös
iPACK	infiltration between the popliteal artery and capsule of the knee
IQR	Interquartilsabstand (Q1-Q3)
kg	Kilogramm
m/s	Meter pro Sekunde
mg	Milligramm
min	Minuten
ml	Milliliter
mm	Millimeter
N.	Nervus
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
NRS	numerische Rating-Skala
p	Signifikanzwert
PENG	pericapsular nerve group
PRISMA	preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses
SD	Standardabweichung
SNRI	Serotonin-Noradrenalin-Wiederaufnahme-Hemmer
TCA	trizyklische Antidepressiva
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel der NRS	4
Abbildung 2: Beispiel der VAS.....	4
Abbildung 3: Beispiel einer Faces-Pain-Rating-Scale	4
Abbildung 4: Flussdiagramm mit Einschlussprozess der Studien.....	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtpatient*innenpopulation der eingeschlossenen Studien.....	20
Tabelle 2: Schmerzreduktion in den eingeschlossenen Studien.....	24

1 Einleitung

Regionalanästhesie wurde erstmals 1884 mithilfe von Kokain beschrieben. Seither entwickelte die Regionalanästhesie sich stetig weiter. Mittlerweile ist sie zumindest innerklinisch weit verbreitet und kaum mehr wegzudenken. (1)

Zum Einsatz von Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin gibt es jedoch international immer noch wenige Daten, obwohl die mit Regionalanästhesie assoziierten Publikationen im Bereich der Notfallmedizin in den letzten Jahrzehnten stetig steigen. Vor allem sind nur sehr wenige Reviews zu präklinischer Regionalanästhesie zu finden, die aktuelle Studien einschließen: Beispielsweise im Review von Hards et al. (2018) ist die Mehrheit der eingeschlossenen Studien älter als zehn Jahre. (2)

Aktuell wird präklinisch notfallmäßige Schmerztherapie größtenteils über systemische Analgesie, sehr häufig mit Opioiden und in schweren Fällen über die Vollnarkose erreicht. (3) Einige Patient*innen erhalten jedoch trotz schmerzhafter Frakturen oder sonstiger Traumata präklinisch gar keine Schmerzmedikation. Wenn systemische Schmerztherapie angewandt wird, wird oft eine zu geringe Dosis verwendet, um die Schmerzen ausreichend zu lindern, aus Furcht vor unerwünschten Nebenwirkungen. (4) Diese unzureichende Verwendung von Schmerzmittel wird als Oligoanalgesie bezeichnet. Auch bei längeren präklinischen Transportzeiten zu weit entfernten Traumazentren kann es durch diskontinuierliche Gabe von kurzwirksamen Opioiden zu Lücken in der Schmerztherapie kommen. (5)

Besonders gefürchtet sind häufige Nebenwirkungen von intravenöser Opioidtherapie wie etwa Atemdepression, Hypotonie und Delir. (6) Die häufigsten Nebenwirkungen sind Übelkeit und Obstipation. Weiters kann es zu physischer und psychischer Abhängigkeit durch Opiode kommen. Diese möglichen Nebenwirkungen und die damit einhergehende Angst der präklinischen Therapeut*innen ist oft die Ursache dafür, dass Patient*innen bei starken Schmerzen unzureichende Dosen an Opioiden erhalten. Jedoch kommt es nicht so schnell zur Entstehung einer Abhängigkeit von Opioiden binnen weniger Stunden im Rahmen der initialen präklinischen Therapie. (7)

Regionalanästhesie kann bei Indikationen wie z.B. Frakturen an Rippen, der Hüfte bzw. des Femurs nachweislich Schmerzen besser reduzieren als systemische Analgesie. (3, 8) Zudem kann mithilfe der Anwendung von Regionalanästhesie häufig eine längere Schmerzfreiheit

erreicht werden als mit Opioiden allein. Dies bringt auch für längere Transportzeiten einen Vorteil für Patient*innen. (5)

Vor allem bei notwendiger Bewegung der Patient*innen im Rahmen des präklinischen Transportes in das Krankenhaus kann mittels Regionalanästhesie dynamischer Schmerz besser reduziert werden. (9) Des Weiteren kann präklinische Regionalanästhesie auch die Häufigkeit von Delir, die Dauer des Krankenhausaufenthalts und die Mortalität reduzieren. (10)

Das Ziel dieses systematischen Reviews soll sein, einerseits Information über Regionalanästhesie und die Vielfältigkeit der Anwendungsbereiche darzustellen und andererseits die Indikationen für Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin zu definieren und damit zu einem häufigeren Einsatz der Regionalanästhesie als Alternative oder Ergänzung zur systemischen Analgesie beizutragen, um so eine effektivere und bessere Schmerzreduktion in der Präklinik zu erzielen.

1.1 Schmerzen

Schmerz ist eine durch einen Reiz ausgelöste unangenehme Empfindung und emotionale Wahrnehmung, häufig einhergehend mit Schädigung von Gewebe. (11) Da die Schmerzwahrnehmung subjektiv und von vielen Faktoren beeinflusst ist, ist die objektive Schmerzeinschätzung schwierig. Nachweislich hat etwa die Ethnie, die Genetik, das Alter, die soziale Schicht und auch das Geschlecht Einfluss auf individuelle Schmerzen einer Person. Beispielsweise sind Frauen deutlich häufiger von chronischen Schmerzen betroffen als Männer und alte Menschen sind empfindlicher gegenüber Schmerzen tieferer Gewebe, aber weniger empfindlich auf kurz andauernde Schmerzen, die die Haut betreffen. (12)

1.1.1 Schmerzentstehung

Das Nervensystem hat verschiedene sensorische Neurone, die Nozizeptoren, welche schädliche Signale im Falle einer (drohenden) Gewebeschädigung ans Gehirn weiterleiten. Nozizeptoren registrieren zum Beispiel zu viel Hitze oder Kälte, übermäßigen Druck, einen sauren pH-Wert oder Entzündungsmarker wie Prostaglandine. (13)

Nozizeptoren wandeln physikalische in elektrische Signale um und leiten diese über dünn myelinisierte A δ - und unmyelinisierte C-Fasern über drei Neurone und deren Synapsen mittels Neurotransmittern an das Gehirn weiter. (14) Die A δ -Fasern haben eine Leitungsgeschwindigkeit von 30 m/s und reagieren auf kurzen stechenden Schmerz. Die C-

Fasern leiten etwa mit 2 m/s und reagieren auf mechanische, chemische oder thermale Stimuli wie z.B. auf Verbrennung.

Bei den Neurotransmittern unterscheidet man zwischen entzündlichen (Prostaglandine, Substanz P etc.) sowie nicht-entzündlichen Mediatoren (Calcitonin Gene-Related Peptide, Opioidpeptide etc.). (15)

1.1.2 Schmerzarten

Schmerz kann nach mehreren Kategorien eingeteilt werden. Es gilt zu unterscheiden zwischen akutem und chronischem Schmerz. Um chronischen Schmerz handelt es sich, wenn der Schmerz über die gewöhnliche Heilungsdauer von Gewebe hinweg bestehen bleibt, im Allgemeinen also ab drei Monaten. (16) Weiters wird unterschieden zwischen nozizeptivem, neuropathischem und noziplastischem Schmerz.

- Nozizeptiver Schmerz ist assoziiert mit (drohender) Gewebsverletzung.
- Neuropathischer Schmerz entsteht bei Krankheit oder Verletzung des somatosensorischen Nervensystems und neigt zur Chronifizierung.
- Noziplastischer Schmerz entsteht durch eine Fehlwahrnehmung des Nervensystems bei Abwesenheit einer Gewebsverletzung. Er gilt oft als Ausschlussdiagnose.

Inflammatorischer Schmerz wird häufig als eigene Entität gelistet, gilt jedoch als Subtyp des nozizeptiven Schmerzes und tritt auf durch die Freisetzung von Entzündungsmediatoren im geschädigten Gewebe.

Es gibt zahlreiche weitere Einteilungsmöglichkeiten von Schmerzen, beispielsweise nach der Ursache (Tumorschmerzen, postoperative Schmerzen etc.). (13) Die International Association for the Study of Pain (IASP) gibt noch die Einteilung nach betroffener Region (Kopf, unterer Rücken, Becken etc.) oder dem Organsystem (Nervensystem, Gastrointestinaltrakt etc.) an. (11, 15)

1.1.3 Schmerzdokumentation

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Schmerzen zu messen und zu erfassen. Dies kann jedoch nie objektiviert werden. Häufige Skalen zur Beschreibung von Schmerzen sind:

- Numeric Rating Scale (NRS)
- Visual Analog Scale (VAS)
- Verbal Rating Scale (VRS)
- Faces-Pain-Rating-Scale

NRS und VAS sind transkulturell und unabhängig von der Sprache zu verwenden. NRS-Werte reichen von 0 bis 10, wobei 1-3 milde, 4-6 moderate, und 7-10 schwere Schmerzen bedeuten. 0 bedeutet keinerlei Schmerzen. Allgemein gilt, dass die VAS etwas schwieriger anzuwenden ist als die NRS, da die Patient*innen die normalerweise 100mm lange Skala sehen und markieren können müssen. Die Face-Pain-Rating-Scale ist besonders für Kinder gut geeignet. (17)

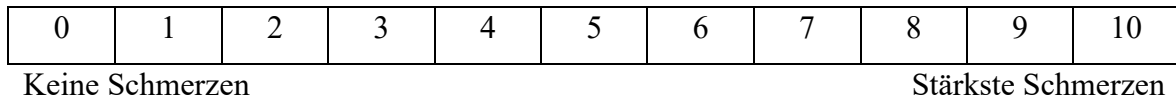


Abbildung 1: Beispiel der NRS

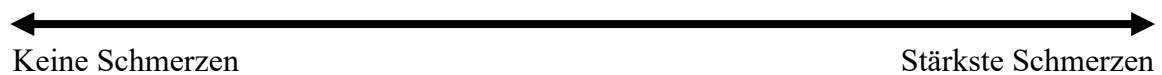


Abbildung 2: Beispiel der VAS

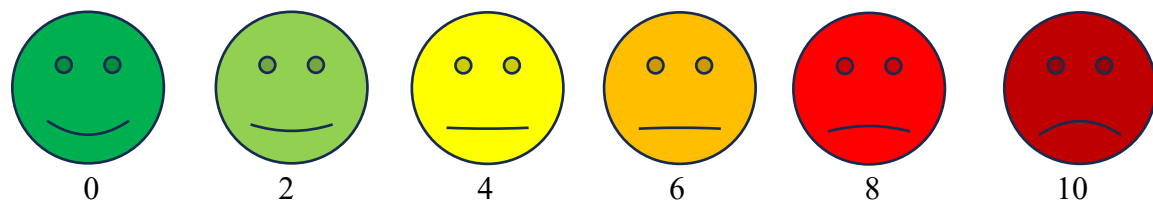


Abbildung 3: Beispiel einer Faces-Pain-Rating-Scale

1.1.4 Schmerztherapie

Je nach Schmerzart und betroffenem Gewebe wird Schmerz unterschiedlich behandelt. Es gibt drei allgemeine Gruppen von meist systemisch wirkenden Schmerzmitteln: Paracetamol, NSARs und Opioide. (18) Weiters gibt es noch Koanalgetika wie TCAs, SNRIs, Antikonvulsiva, Lokalanästhetika, topische Wirkstoffe (z.B. Capsaicin), Kortison, Bisphosphonate und Cannabinoide. Diese können ergänzend verwendet werden, je nach Indikation z.B. bei neuropathischen Schmerzen. (19)

1.2 Lokalanästhetika

Das Wort Anästhesie kommt aus dem Griechischen und bedeutet ohne Empfinden. Die Regionalanästhesie ist die örtliche Betäubung. Lokalanästhetika sind für die Regionalanästhesie verwendete Medikamente und haben im Allgemeinen folgende Eigenschaften: Sie sind schwache Basen mit einem pKa Wert über 7,4 und besitzen eine schlechte Wasserlöslichkeit, da sie aus einem hydrophilen Teil (meist ein tertiäres Amin) und einem lipophilen Teil (meist ein ungesättigter aromatischer Ring) bestehen, welche getrennt sind durch eine Alkylkette. Lokalanästhetika werden je nach Verbindung desamins und des aromatischen Teils unterteilt in Amide oder Ester. Allergische Reaktionen auf Ester sind deutlich häufiger. (20, 21)

Beispiele für Ester sind: Amethocain, Chlorprocain, Cocain und Procain. Beispiele für Amide sind Bupivacain, Cinchocain, Etidocain, Lidocain, Mepivacain, Prilocain und Ropivacain. (20) Die in der präklinischen Notfallmedizin verwendeten Lokalanästhetika sind Lidocain und Bupivacain. (10)

1.2.1 Wirkmechanismus von Lokalanästhetika

Der Wirkmechanismus der Lokalanästhetika beruht laut aktuellem Stand der Wissenschaft auf einer reversiblen Blockade spannungsabhängiger Natriumkanäle in der Axonmembran einer Nervenzelle und der damit einhergehenden Verhinderung des Aktionspotentials. (20) Weiters interagieren Lokalanästhetika durch ihre Amphiphilie direkt mit Zellmembranlipiden der Nervenzellen und ändern ihre Durchlässigkeit, was somit auch die Funktion der Ionenkanäle ändert, welche für das Aktionspotential zuständig sind. Den Lokalanästhetika wird außerdem die direkte Wirkung an verschiedenen Membranproteinen zugeschrieben, wie etwa den Kalium- und Kalziumionenkanälen, der Na-K-ATPase und dem Acetylcholinrezeptor. (22)

Für die Wirkung von Lokalanästhetika sind die unmyelinisierten C-Fasern empfänglicher auf Lokalanästhetika als die myelinisierten A- und B-Fasern, deshalb ist auch die Wahrnehmung von Vibration und Druck trotz vollständiger Schmerzinhibierung möglich. (23)

1.2.2 Nebenwirkungen von Lokalanästhetika

Häufige Nebenwirkungen sind eine systemische allergische Reaktion oder eine lokale allergische Kontaktdermatitis. Bei der intravenösen Verabreichung oder einer lokalen Überdosierung kann es zu einer akut systemischen Toxizität kommen. (24)

In höheren Dosen können Lokalanästhetika auch vegetative Nervenfasern blockieren, was zu zentralnervösen und kardiovaskulären Nebenwirkungen führen kann. (25) Dies kann sich in einer Kardiotoxizität mit Hypotension und lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen äußern. (24)

1.2.3 Adjuvantien

Vasokonstriktoren wie Adrenalin verlängern die Wirkung durch die Gefäßverengung und verlangsamen damit das regionale Ausspülen des Lokalanästhetikums durch das Blut. (25)

In einigen Fällen werden den Lokalanästhetika weitere Wirkstoffe beigemischt, um eine Verbesserung der Eigenschaften (z.B. längere Wirkdauer, früherer Wirkeintritt) zu erreichen. (26) Dexamethason zeigt sich als sehr gutes Adjuvans, mit klarem Vorteil in Wirkeintritt und Wirkdauer gegenüber der alleinigen Gabe des entsprechenden Lokalanästhetikums. Daneben gibt es noch viele andere Wirkstoffe, die Vorteile bringen können, wie etwa Dexmedetomidin, Magnesiumsulfat oder Clonidin. (27)

1.3 Regionalanästhesie

Die Regionalanästhesie kann grob in zwei Kategorien gegliedert werden:

- Neuraxiale Anästhesie: Spinal- und Epiduralanästhesie für Eingriffe im Abdomen oder am Unterkörper.
- Blockade peripherer Nerven oder eines Nervenplexus (28)

Weiters werden verschiedene Techniken der Regionalanästhesie beschrieben, z.B.:

- topische Anästhesie: für Haut und Mund-Nasen-Hals-Bereich etc.
- (selektive) sympathische Nervenblockaden: für Schmerzsyndrome mit abnormaler sympathischer Aktivität (z.B. Phantomschmerzen). (20)
- infiltrative Anästhesie: für kleine Operationen und Nähte - hierbei werden größere Mengen an verdünntem Lokalanästhetikum in das betroffene Gewebe injiziert.
- Leitungsanästhesie: hier wird eine geringere Menge an höher konzentriertem Lokalanästhetikum injiziert, um einen Nerv zu betäuben. (25)

1.3.1 Anatomischer Hintergrund

Die praktische Anwendung der Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin sollte sicher, simpel und schnell durchführbar sein. Daher erscheint in der präklinischen Notfallmedizin die Blockade einzelner peripherer Nerven bzw. eines Nervenplexus als besonders relevant. Hier einige relevante Beispiele:

- Thorakale Blockaden
 - o Paravertebrale Blockade (29)
 - o Serratus-anterior-Blockade (30)
 - o Interpleurale Blockade
 - o Interkostalnervenblockade
- Plexus-brachialis-Blockade
 - o Interskalenäre Plexus-brachialis-Blockade
 - o Supraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade
 - o Infraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade
 - o Axilläre Plexus-brachialis-Blockade
 - o Blockade einzelner distaler Nerven
 - Nervus-medianus-Blockade
 - Nervus-radialis-Blockade
 - Nervus-ulnaris-Blockade
- Plexus-lumbosacralis-Blockade
 - o Fascia-iliaca-Blockade
 - o Nervus-femoralis-Blockade
 - o Nervus-saphenus-Blockade
 - o iPACK (Infiltration der Arteria poplitea und der Kniegelenkscapsel)
 - o Nervus-ischiadicus-Blockade (28, 31)
 - o PENG-Blockade (Perikapsuläre-Nerven-Gruppen-Blockade der Hüfte) (32)

1.3.2 Thorakale Blockaden

Die Rami anteriores der thorakalen Spinalnerven laufen weiter als thorakale Interkostalnerven und teilen sich in Ramus cutaneus anterior und lateralis, wodurch sie, zusammen mit vielen kommunizierenden Anastomosen gemeinsam den Thorax innervieren. (33)

1.3.2.1 Paravertebrale Blockade

- Betroffene Region: Abhängig von der Menge des injizierten Lokalanästhetikums kann es zu einer Ausbreitung des Wirkstoffs auf die gegenüberliegende Rippenseite und in angrenzende Interkostalräume kommen, vor allem nach kaudal.
- Applikationsort: Die thorakale paravertebrale Blockade kann ultraschallgezielt auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Beispielsweise wird zuerst der Processus transversus des Wirbelkörpers und dann das Ligamentum costotransversarium superius lokalisiert und ventral davon und dorsal der Pleura das Lokalanästhetikum injiziert.

Ebenso kann die paravertebrale Nervenblockade landmarkengezielt ohne Ultraschall durchgeführt werden, was nach bisherigem Stand der Wissenschaft als gleichwertig angesehen wird. Bei der landmarkengezielten Durchführung wird der Processus transversus mit der Nadel lokalisiert und kaudal davon das Ligamentum costotransversarium superius durchstoßen.

- Mögliche Komplikationen: Pneumothorax, Nerven- oder Gefäßverletzung (29)

1.3.2.2 Serratus-anterior-Blockade

- Betroffene Region: ipsilaterale Dermatome T2 - T9 des anterolateralen Thorax
- Applikationsort: anterior des Musculus serratus anterior auf Höhe der fünften Rippe (oberflächliche Serratus-anterior-Blockade) oder unter dem Musculus serratus anterior der 5. Rippe (tiefe Serratus-anterior-Blockade)
- Mögliche Komplikationen: Pneumothorax, Nervenschädigung, akut systemische Toxizität (30)

1.3.2.3 interpleurale Blockade

- Betroffene Region: umliegende Dermatome, je nach Menge
- Applikationsort: 4. bis 7. Interkostalraum in der hinteren Axillarlinie im Pleuraspalt
- Mögliche Komplikationen: Pneumothorax, akut systemische Toxizität, Lähmung des Nervus phrenicus (34)

1.3.2.4 Interkostalnervenblockade

- Betroffene Region: ipsilaterales Dermatom der ausgewählten Rippe, selten und nur bei großen Mengen Ausbreitung in umliegende Dermatome.

- Applikationsort: ultraschall- oder landmarkengezielt zwischen Sulcus intercostalis und Pleura parietalis, etwa 6 cm von den Dornfortsätzen entfernt
- Mögliche Komplikationen: Pneumothorax, akut systemische Toxizität (35)

1.3.3 Plexus-brachialis

Der Plexus brachialis wird gebildet aus dem Truncus superior (C5-C6), Truncus medius (C7) und dem Truncus inferior (C8-T1). Jeder Truncus hat einen vorderen und hinteren Ast, die sich dann in Fasciculi aufteilen. Fasciculus lateralis, Fasciculus medialis und Fasciculus posterior. Diese teilen sich wiederum auf in die Endäste. (36) Zu den wichtigsten Endästen zählen:

- Fasciculus posterior: Nervus axillaris und Nervus radialis
- Fasciculus lateralis: Nervus musculocutaneus, Nervus medianus (Radix lateralis)
- Fasciculus medialis: Nervus medianus (Radix medialis), Nervus ulnaris und Nervus radialis (37)

1.3.3.1 Interskalenäre Plexus-brachialis-Blockade:

- Betroffene Region: C5-C7; Schulter, distale Klavikula und proximaler Humerus
- Applikationsort: zwischen Musculus scalenus anterior und medius, lateral der Arteria carotis und Vena jugularis interna
- Mögliche Komplikationen: Blockade des Nervus phrenicus mit respiratorischer Einschränkung, Horner-Syndrom, Heiserkeit

1.3.3.2 Supraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade:

- Betroffene Region: C5-T1; Arm, Ellenbogen, Unterarm, Hand
- Applikationsort: über der Klavikula zwischen Musculus scalenus anterior und medius, auf Höhe der ersten Rippe
- Mögliche Komplikationen: Pneumothorax (häufig), Blockade des Nervus phrenicus, Heiserkeit

1.3.3.3 Infraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade:

- Betroffene Region: C5-T1; Arm, Ellenbogen, Unterarm, Hand
- Applikationsort: unter der Klavikula, rund um die Arteria axillaris, medial des Processus coracoideus
- Mögliche Komplikationen: Pneumothorax (selten)

1.3.3.4 Axilläre Plexus-brachialis-Blockade:

- Betroffene Region: Nervus medianus, ulnaris, radialis und musculocutaneus; Ellenbogen, Unterarm, Hand
- Applikationsort: rund um die Arteria axillaris im proximalen Oberarm
- Mögliche Komplikationen: Hämatombildung, intravaskuläre Injektion (28)

1.3.4 Plexus-lumbosacralis

Der Plexus lumbosacralis wird aus dem Plexus lumbalis (Spinalnerven L1-L4) und dem Plexus sacralis (Spinalnerven L4-S4) gebildet. (38)

Zu den wichtigsten Endästen des Plexus lumbalis zählen: Nervus ilioinguinalis, Nervus genitofemoralis, Nervus lateralis femoralis cutaneus, Nervus obturatorius, Nervus femoralis und Nervus saphenus.

Zu den wichtigsten Endästen des Plexus sacralis zählen: Nervus gluteus superior, Nervus gluteus inferior und Nervus ischiadicus. (39)

1.3.4.1 Blockade des Nervus femoralis:

- Betroffene Region: anteriorer Oberschenkel, medialer Unterschenkel; z.B. bei Oberschenkelhalsfraktur
- Applikationsort: Leistenfalte, lateral der Arteria femoralis
- Mögliche Komplikationen: Blutung, Infektion, Nervenschädigung

1.3.4.2 Blockade der Fascia iliaca:

- Betroffene Region: Innervationsgebiet des Nervus femoralis sowie des Nervus cutaneus femoris lateralis
- Applikationsort: Leistenfalte, unterhalb der Fascia iliaca
- Mögliche Komplikationen: Blutung, Infektion, Nervenschädigung

1.3.4.3 Blockade des Nervus ischiadicus:

- Betroffene Region: Fuß, Knöchel oder posteriores Knie
- Applikationsort: verschiedene Zugänge möglich: anterior, transgluteal, subgluteal oder popliteal
- Mögliche Komplikationen: Blutung, Infektion, Nervenschädigung

1.3.4.4 Blockade des Nervus saphenus:

- Betroffene Region: medialer Anteil von Fuß, Knöchel oder Knie
- Applikationsort: verschiedene Zugänge möglich: Trigonum femorale, mediale Femurkondylus, Tuberositas tibiae, Adduktorenkanal oder im distalen Verlauf vom Nervus saphenus
- Mögliche Komplikationen: Blutung, Infektion, Nervenschädigung

1.3.4.5 iPACK:

- Betroffene Region: posteriore Kniegelenkscapsel (additiv zu anderen Blockaden)
- Applikationsort: Kniefalte, kranial der Femurkondylen
- Mögliche Komplikationen: zusätzliche motorische Blockade (28)

1.3.4.6 Blockade des Plexus lumbalis (3-in-1-Block):

- Betroffene Region: Nervus femoralis, Nervus obturatorius, Nervus cutaneus femoris lateralis
- Applikationsort: Leistenfalte, lateral der Arteria femoralis
- Mögliche Komplikationen: Blutung, Infektion, Nervenschädigung (40)

1.3.4.7 PENG-Blockade:

- Betroffene Region: Nervus femoralis, Nervus obturatorius, Nervus obturatorius accessorius, Nervus ischiadicus
- Applikationsort: Nahe dem Acetabulum zwischen Musculus iliopsoas und proximalem Hüftgelenkscapselansatz
- Mögliche Komplikationen: Blutung, akut systemische Toxizität (32, 41)

1.3.5 Vorteile der Regionalanästhesie im Vergleich zu systemischer Analgesie

- geringeres allgemeines Risiko bei schweren respiratorischen oder kardiovaskulären Vorerkrankungen (28)
- spezifische Analgesie ohne systemische Nebenwirkungen
- Reduktion von Gebrauch von Opioiden und damit assoziierten Nebenwirkungen wie Übelkeit (42)
- Reduktion von Gebrauch von Sedativa und damit einhergehender verbesserter neurologischer Beurteilbarkeit

- geringerer Bedarf für Personal und Monitoring
- Verringerung der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer in der Notaufnahme
- verringertes Stresslevel durch die Verletzung
- eventuelle Verringerung von chronischen Schmerzsyndromen sowie posttraumatischen Belastungsstörungen (43)

1.3.6 Indikationen der Regionalanästhesie in der (präklinischen) Notfallmedizin

Die praktische Anwendung der Regionalanästhesie in der (präklinischen) Notfallmedizin umfasst größtenteils Frakturen der Hüfte, des Femurs, sonstiger distaler Extremitäten, Schulterluxationen sowie Rippenfrakturen. (43) Unter all den möglichen Blockaden gelten folgende verhältnismäßig als recht einfach zu erlernen und mit hohem Nutzen für Patient*innen:

- Interskalenäre Plexus-brachialis-Blockade: für die Schulter
- Axilläre Plexus-brachialis-Blockade: für distal der Schulter
- Fascia-iliaca-Blockade: für die Hüfte
- Nervus-femoralis-Blockade: für die Hüfte
- Adduktorenkanal-Blockade: für das Knie
- Popliteale Nervus-ischiadicus-Blockade: für Fuß und Knöchel (44)

1.3.6.1 Trauma der oberen Gliedmaßen

1.3.6.1.1 Schulterluxation

Die Schulterluxation, also die Dislokation des Glenohumeralgelenks, ist präklinisch häufig. Sie ist mit 50% aller Luxationsverletzungen die häufigste und in über 90% der Fälle handelt es sich um eine anteriore Schulterluxation. Sie kann gut mit Regionalanästhesie behandelt werden. Am besten eignet sich dafür die interskalenäre Plexus-brachialis-Blockade. Geachtet werden muss hierbei auf die häufige Nebenwirkung der Betäubung des Nervus phrenicus. (45, 46)

1.3.6.1.2 proximale oder mitteldiaphysäre Humerusfraktur

Durch den Sturz auf den ausgestreckten Arm oder eine direkte Krafteinwirkung auf Schulter oder Humerus kann es hier zur Fraktur kommen. Für die proximale Humerusfraktur eignet sich am besten die interskalenäre Plexus-brachialis-Blockade, für die mitteldiaphysäre Humerusfraktur die supra- oder infraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade. (46)

1.3.6.1.3 Ellenbogen- und Unterarmfraktur

Die distale Radiusfraktur gilt als häufigste Fraktur der oberen Extremität (47) und auch Ellenbogen- und sonstige Unterarmfrakturen treten häufig bei Stürzen auf. Hierfür eignet sich am besten die supraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade. (46)

1.3.6.2 Trauma der unteren Gliedmaßen

1.3.6.2.1 Hüftfraktur

Die Hüftfraktur, auch bezeichnet als Oberschenkelhalsfraktur, beschreibt alle Frakturen des proximalen Femurs zwischen dem Femurkopf und fünf Zentimeter distal vom Trochanter minor. Das Durchschnittsalter der Hüftfraktur ist 80 Jahre. Sie gilt als die häufigste Fraktur in dieser Altersgruppe. (48) In diesem Alter sind die bereits erwähnten Nebenwirkungen von systemischen Opioiden oder sonstigen Analgetika noch gefährlicher. Daher und aufgrund der häufig schwierigen präklinischen Mobilisierbarkeit ohne ausreichende Analgesie ist bei der Hüftfraktur eine Regionalanästhesie präklinisch indiziert. Einerseits, um die systemischen Nebenwirkungen gering zu halten und andererseits, um die in der Regel präoperativ durchgeführte Spinalanästhesie zu erleichtern und so insgesamt die Schmerzen Betroffener gering zu halten.

Für Regionalanästhesie in der Hüfte gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Ultraschallgezielte Blockade des Nervus femoralis
- Landmarkengezielte Blockade der Fascia iliaca
- Plexus-lumbalis-Blockade: landmarkengezielte Blockade des Nervus femoralis, Nervus obturatorius und Nervus cutaneus femoris lateralis: diese Blockade eignet sich auch am ehesten für Femurschaftfrakturen (49, 50)
- PENG-Blockade: ultraschallgezielte Blockade des Nervus femoralis, Nervus obturatorius, Nervus obturatorius accessorius und Nervus ischiadicus (32, 41)

1.3.6.2.2 Femurschaftfraktur und Kniegelenksverletzung

Die Femurschaftfraktur und Kniegelenksverletzungen können erfolgreich mit einer Plexus-lumbalis-Blockade behandelt werden. (40, 46)

1.3.6.2.3 Tibia- und Fibulafraktur

Tibiafrakturen gehen auch oft einher mit Fibulafrakturen. Dafür kann erfolgreich eine Schmerzreduktion erreicht werden mithilfe einer Nervus-ischiadicus-Blockade oder, je nach genauer Lokalisation des Bruchs, einer Blockade der einzelnen Nerven (Nervus tibialis, fibularis communis oder saphenus).

1.3.6.2.4 Knöchel- und Fußfraktur

Bei Frakturen des Knöchels lässt sich eine Schmerzfremheit gut mit einer Blockade des Nervus ischiadicus und des Nervus femoralis oder saphenus erreichen. Bei Fußfrakturen kann eine Blockade einzelner Nerven erfolgen (Nervus tibialis posterior, suralis, saphenus oder fibularis superficialis oder profundus). (46)

1.3.6.2.5 Rippenfraktur

Rippenfrakturen im Rahmen eines Thoraxtraumas sind aufgrund damit assoziierter respiratorischer Komplikationen (z.B. Pneumonie) mit hoher Morbidität und Mortalität verbunden. Systemische Opioidtherapie hat hierbei unerwünschte Nebenwirkungen (z.B. Atemdepression und das Unterdrücken des Hustenreizes). (30)

Derzeit ist die thorakale Epiduralanästhesie der Goldstandard, vor allem bei beidseitigen Rippenfrakturen. Jedoch sind auch die ultraschallgezielte paravertebrale Nervenblockade (46), die Serratus-anterior-Blockade (30), die interpleurale Blockade (34) und die Interkostalnervenblockade (35) anerkannte Alternativen, je nach Indikation und betroffenem Gebiet.

1.3.7 Durchführung der Regionalanästhesie

Regionalanästhesie wird meist ultraschallgezielt durchgeführt. Zusätzlich kann die Dopplersonographie verwendet werden, um Blutgefäße besser darzustellen und ungewollte intraarterielle Injektionen zu vermeiden. (20) Außerdem kann, wenn vorhanden, ein elektrischer Nervenstimulator für die Lagekontrolle verwendet werden. (26)

In der präklinischen Notfallmedizin wird aufgrund der begrenzten Materialien und der Simplizität in den meisten Fällen ein Single-Shot-Block (einmalige Injektion von Lokalanästhetikum) angewandt und dabei häufig mithilfe von Ultraschall durchgeführt. Derzeit wird davon ausgegangen, dass ultraschallgezielte Regionalanästhesie mit einer höheren Erfolgsquote, einer geringeren Durchführungsdauer und weniger Komplikationen einhergeht als die Durchführung ausschließlich anhand anatomischer Orientierungspunkte oder mittels peripherer elektronischer Nervenstimulation. (10)

Bei ultraschallgezielter Regionalanästhesie ist die verwendete Nadel unterschiedlich schwierig zu visualisieren bzw. sonographisch zu lokalisieren. Dies ist abhängig von ihrer Größe, Beschaffenheit und des verwendeten Einstichwinkels sowie von allen umgebenden anatomischen Strukturen.

Bei der Darstellung der Nadel gibt es verschiedene Techniken. Der Nerv kann längs oder quer zu seinem Verlauf dargestellt werden. Weiters kann die Nadel längs oder quer zur Schallebene eingeführt werden. Längs zur Schallebene, also parallel zum Ultraschallkopf wird als „in-plane“ bezeichnet, normal dazu als „out-of-plane“. (37) Keine dieser Techniken scheint der anderen überlegen zu sein, beide Techniken haben je nach Anwendungsort Vor- und Nachteile, daher sollten beide von der ausführenden Person ausreichend trainiert und beherrscht werden. (51)

Wenn die richtige Lokalisation der Nadel gewährleistet ist, sollte mit der Injektion des Lokalanästhetikum immer zuerst bei der tiefsten Stelle begonnen werden, da sich durch die Injektion anatomische Strukturen sowie der Kontrast im Ultraschallbild mitunter stark verändern können. (37)

Für eine sichere und effektive Durchführung von ultraschallgezielter Regionalanästhesie im Notfall sollte laut Morné Wolmarans und Eric Albrecht (52) Folgendes vorliegen und gemacht werden:

- Venenzugang (im Falle von Komplikationen oder für Sedierung)
- Monitoring während und nach Regionalanästhesie (Pulsoxymeter, EKG, Blutdruck)
- Sterilität von betroffenem Gebiet und Ultraschallkopf
- Qualifizierte Assistenz
- Vertrautheit mit Durchführung und Equipment
- Richtiges Equipment (z.B. richtige Nadelgröße und -länge)
- Patient*inneneinverständnis
- Überprüfung des richtigen Applikationsortes
- Aspiration vor Injektion des Lokalanästhetikums
- Berechnung maximaler Menge vom Lokalanästhetikum je nach Patient*innengewicht
- Vermeidung von hohem Widerstand bei Injektion und Abbruch bei Parästhesien
- Neurologische Beurteilung vor und nach dem Block
- adäquate Dokumentation

Allgemein gilt, je häufiger die Blöcke von der ausführenden Person durchgeführt werden, desto weniger Komplikationen und Nebenwirkungen treten auf. Daher sollte für eine erfolgreiche Durchführung regelmäßig trainiert werden und somit ausreichend Erfahrung gesammelt werden. (52)

1.3.8 Komplikationen der Regionalanästhesie

Die Häufigkeit der Komplikationen kann im Allgemeinen durch die standardmäßige Nutzung von Ultraschall drastisch reduziert werden. (53)

Akut systemische Toxizität ist eine Komplikation bei versehentlich intravaskulären Injektionen oder Überdosierung des Lokalanästhetikums. (54) Diese Komplikation wird durch die Anwendung von Ultraschall deutlich vermindert. (55)

Der Pneumothorax ist eine potenzielle Komplikation supraklavikulärer und infraklavikulärer Nervenblockaden. Die Inzidenz bei der Durchführung liegt ohne Ultraschall (landmarkengezielt) in etwa bei 6% und mithilfe von Ultraschall bei zirka 0,5%. (53)

Fettleibigkeit ist mit einer höheren Rate für Misslingen von Regionalanästhesie assoziiert, da es schwieriger ist, typische Orientierungspunkte zu finden und weil die Entfernung vom Nerv zur Hautoberfläche vergrößert ist.

Verletzungen der Nerven selbst sowie der umgebenden Strukturen (Muskeln, Faszien etc.) sind auch mögliche Komplikationen. (37)

Genaue Häufigkeiten zu Nervenverletzungen variieren in der internationalen Literatur sehr stark. Milde sensorische Störungen z.B. nach einer proximalen Plexus-brachialis-Blockade können in den ersten Tagen danach in bis zu zehn Prozent der Fälle auftreten. Längerfristig bestehende motorische oder sensorische Störungen nach bis zu einem Jahr betreffen einen aus 2000 Fällen. Die interskalenäre Plexus-brachialis Blockade ist mit den häufigsten Nervenschädigungen assoziiert. (26)

Weiters sind neben der bereits genannten Fettleibigkeit auch das hohe Alter, Diabetes mellitus und neurologische Vorerkrankungen mit häufigeren Nervenschädigungen assoziiert.

Verletzungen der Blutgefäße und daraus resultierende Blutungen, vor allem bei Koagulopathie bzw. Antikoagulation, sind ebenso mögliche Komplikationen. Daher gelten laufende Antikoagulation und Koagulopathie als relative Kontraindikationen und hierbei muss gut abgewogen werden zwischen Nutzen und Komplikationsrisiko. (56)

2 Material und Methoden

2.1 Studienaufbau

Die Studie wird aufgebaut als systematisches Review. Die Patient*innenpopulation umfasst alle Patient*innen ab dem Alter von 18 Jahren. Für die Durchführung der Studie werden keine Geld- oder Sachmittel benötigt. Die angestrebten Ergebnisse sind erwartungsgemäß für alle Geschlechter gleichermaßen bedeutsam.

2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen werden alle Studien, die sich mit der Wirksamkeit und Durchführbarkeit von Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin befassen.

Ausgeschlossen werden alle Studien, welche älter als zehn Jahre sind, Patient*innen unter 18 Jahren einschließen, irrelevante Daten liefern oder nur einzelne Fallberichte enthalten. Zudem werden Studien ausgeschlossen, in welchen die Regionalanästhesie innerklinisch durchgeführt wurde. Metaanalysen, systematische Reviews und Reviews werden auch ausgeschlossen.

2.2 Studienziel

Die erste Forschungsfrage richtet sich nach der Effektivität von Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin. Hierbei wird versucht, Vorteile und Nachteile gegenüber herkömmlicher systemischer Schmerztherapie zu beschreiben und somit Indikationen für präklinische Regionalanästhesie zu eruieren.

Ein entscheidender Parameter für das Ergebnis ist die Reduktion der Schmerzstärke. Die Schmerzstärke wird in der Regel angegeben mithilfe des NRS-Wertes, seltener auch mithilfe des VAS-Wertes oder anderer Skalen.

Der primäre Endpunkt dieser Studie ist daher die Reduktion des Wertes für Schmerzstärke (NRS-, VAS-, etc. Wert) nach Anwendung der präklinischen Regionalanästhesie im Vergleich zu systemischer Schmerztherapie.

Die zweite Forschungsfrage befasst sich mit den Komplikationen von präklinischer Regionalanästhesie, mit einem besonderen Augenmerk auf den Vergleich zu systemischer Schmerztherapie.

Die dritte Forschungsfrage widmet sich der Durchführbarkeit präklinischer Regionalanästhesie. Hier wird außerdem versucht zu eruieren, für welche Berufsgruppen die Anwendung der Regionalanästhesie präklinisch möglich wäre.

2.3 Quellen und Suchstrategie

Am 30.12.2023 wurde eine systematische Literaturrecherche via Pubmed in MEDLINE mit folgenden Stichworten durchgeführt: ("Regional Anesthesia" OR "Regional Anaesthesia" OR "Regional Analgesia" OR "Nerve Block"[Mesh]) AND ("Ambulances"[Mesh] OR "Prehospital" OR "Emergency Medical Services"[Mesh]) NOT "Child"[Mesh] NOT "Pediatrics"[Mesh]

Hierbei wurden insgesamt 295 Suchergebnisse angezeigt.

2.4 Datenextraktion

Die Datenextraktion erfolgte gemäß den PRISMA Richtlinien. Von den 295 Suchergebnissen wurden 123 Suchergebnisse ausgeschlossen, weil sie älter als zehn Jahre waren.

Unter den restlichen 172 wurden 30 Suchergebnisse ausgeschlossen, die Metaanalysen, systematische Reviews oder Reviews waren.

Von den 142 Suchergebnissen wurden weitere 59 wegen eines für diese Arbeit irrelevanten Titels (v.a. innerklinische Studien aus der Notaufnahme oder postoperativ) ausgeschlossen. Von den übrigen 83 Suchergebnissen wurden die Abstracts gesichtet und es wurden weitere 69 Suchergebnisse ausgeschlossen, da die Regionalanästhesie innerklinisch durchgeführt wurde und dies zuvor nicht eindeutig aus dem Titel hervorging.

Die letzten 14 Studien wurden vollständig gelesen und von diesen wurden neun wegen fehlender Relevanz ausgeschlossen (sechs Case Reports mit einzelnen Fällen (z.B. Höhlenrettung), eine Beobachtungsstudie aus einem militärischen Versorgungszentrum und zwei Analysen von Interviews von Patient*innen oder Sanitäter*innen).

2.4.1 Flussdiagramm

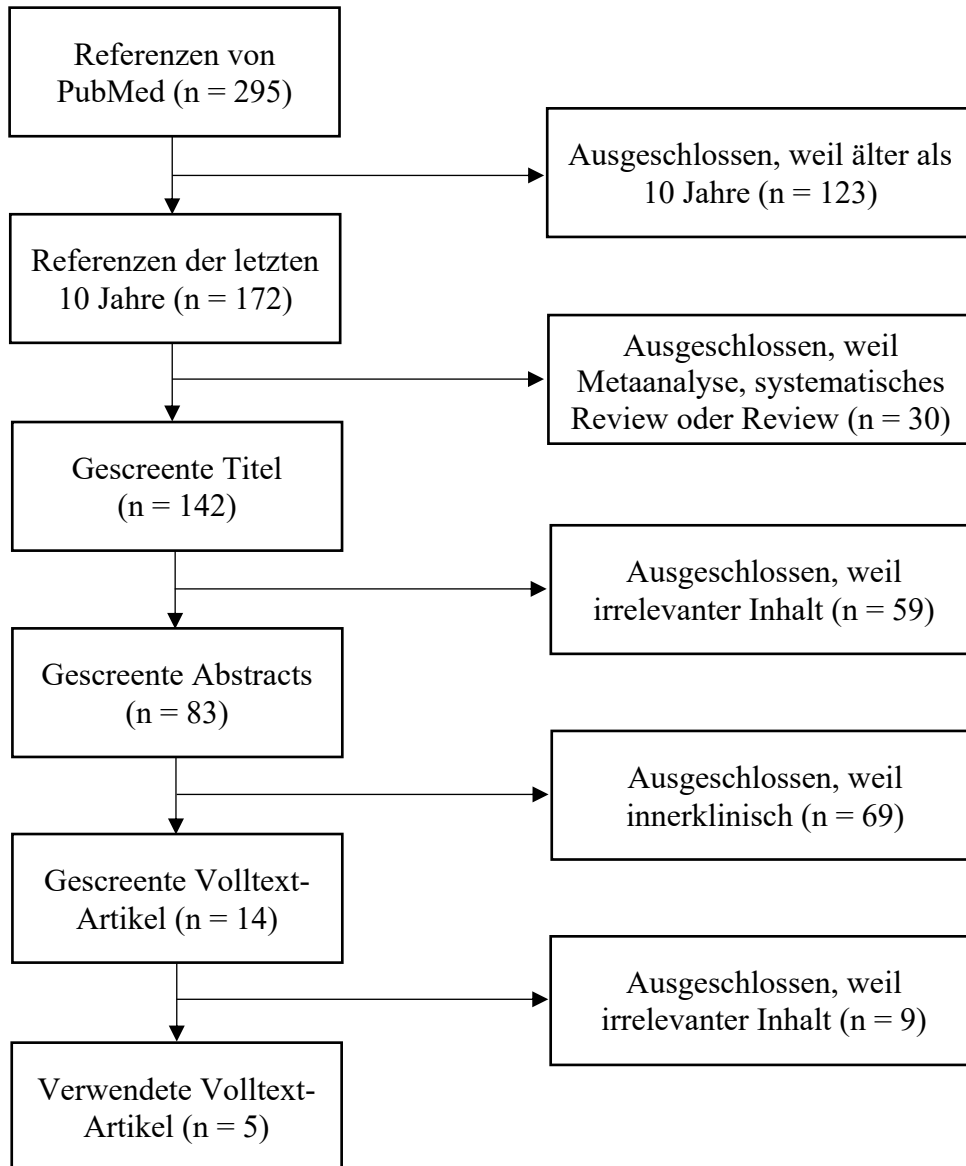


Abbildung 4: Flussdiagramm mit Einschlussprozess der Studien

3 Ergebnisse

In den fünf eingeschlossenen Studien wurden insgesamt 337 Patient*innen eingeschlossen, wovon bei 204 Patient*innen präklinisch Regionalanästhesie angewandt wurde. Von diesen 204 Patient*innen wurde bei 138 eine Fascia-iliaca-Blockade, bei 52 eine Nervus-femoralis-Blockade, bei zwölf eine Kombination aus Nervus-femoralis-Blockade und Nervus-ischiadicus-Blockade sowie einmal eine interskalenäre und einmal eine infraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade durchgeführt. (57, 58, 59, 60, 61)

	Patient*innenanzahl
Insgesamt eingeschlossene Patient*innen	337
Nur systemische Schmerztherapie	133
Regionalanästhesie	204
Fascia-iliaca-Blockade	138
Nervus-femoralis-Blockade	52
Nervus-femoralis- und Nervus-ischiadicus-Blockade	12
Interskalenäre Plexus-brachialis-Blockade	1
Infraklavikuläre Plexus-brachialis-Blockade	1

Tabelle 1: Gesamtpatient*innenpopulation der eingeschlossenen Studien

3.1 Eingeschlossene Studien

3.1.1 „Paramedic“-Studie

Eine kontrollierte Studie verglich die Durchführung von landmarkengezielten Fascia-iliaca-Blockaden mit alleiniger systemischer Analgesie bei Femurfrakturen anhand von 24 Patient*innen. Die Blockaden wurden durchgeführt von „Paramedics“, hier unspezifiziert übersetzt als Sanitäter*innen. Diese Studie wird daher fortan als „Paramedic“-Studie bezeichnet. Unter den 24 eingeschlossenen Patient*innen haben elf eine landmarkengezielte Fascia-iliaca-Blockade mit 2% Lidocain und Adrenalinbeimengung erhalten und 13 nur eine systemische Schmerztherapie.

Das Schmerzniveau wurde in der Gruppe der mit Regionalanästhesie behandelten Patient*innen von einem NRS-Wert von 10 (IQR [6-10]) auf 3 (IQR [1-5], $p < 0,05$) reduziert, in der Gruppe der systemischen Schmerztherapie von einem NRS-Wert von 9 (IQR [8-10]) auf 7 (IQR [4-8], $p < 0,05$) reduziert. Der sekundäre NRS-Wert wurde 15

Minuten nach Durchführung der Schmerztherapie erhoben. Beide Gruppen haben jedoch zuerst eine Dosis von 0,1mg/kg Morphinsulfat erhalten. Die Gruppe der Patient*innen, die ausschließlich systemische Schmerztherapie erhielt, hat 2,5mg Morphinsulfat alle zwei Minuten erhalten, bis zu einer Gesamtdosis von 0,5mg/kg Morphinsulfat.

Es wurde gezeigt, dass die Schmerzreduktion im Vergleich zur systemischen Analgesie stärker ausfiel, vor allem bei Bewegung wie dem Umlagern der Patient*innen auf das Krankenhausbett (nur systemische Schmerztherapie: NRS-Wert von 5 (IQR [3-6], $p < 0,05$) im Vergleich zu Regionalanästhesie: NRS-Wert von 2 (IQR [0-2], $p < 0,05$)). (57)

3.1.2 „EMS-Nurse“-Studie

In einer Machbarkeitsstudie in den Niederlanden erhielten 100 Patient*innen eine landmarkengezielte Fascia-iliaca-Blockade von sogenannten „EMS-Nurses“. Diese werden hier aus dem Englischen übersetzt als (präklinisch tätige) Pflegekräfte bezeichnet. Daher wird diese Studie von nun an als „EMS-Nurse“-Studie bezeichnet.

In dieser Studie wurde mittels Fascia-iliaca-Blockade bei den 100 Patient*innen mit vermuteter unkomplizierter proximaler Femurfraktur eine Reduktion des NRS-Wertes von 8 (IQR [7-10]) auf 3 (IQR [2-4]) zwischen präklinischer Ankunft bei den Patient*innen durch die Pflegekräfte und der Ankunft in der innerklinischen Notaufnahme erreicht. Patient*innen mit einem NRS-Wert von drei oder höher erhielten nach 30 Minuten zusätzlich intravenöse Analgesie. Der Signifikanzwert wurde in der Studie nicht angegeben, jedoch wurden alle Patient*innen mit einer Schmerzreduktion ab zwei NRS-Punkten als erfolgreich betrachtet. Damit definierte diese Studie die präklinische Regionalanästhesie in 96 der 100 Patient*innen als erfolgreich. (58)

3.1.3 Geriatrie-Studie

In einer vergleichenden Pilotstudie wurden Fascia-iliaca-Blockaden an 27 Patient*innen mit vermuteter Hüftfraktur durchgeführt. Davor bekamen diese Patient*innen auch systemische Schmerztherapie. Die Schmerzintensität der 27 Patient*innen wurde verglichen mit der von 108 Patient*innen, die nur systemische Schmerztherapie erhielten. Das Besondere daran war, dass die eingeschlossene Patient*innenpopulation 65 Jahre oder älter war. Daher wird diese Studie hier als Geriatrie-Studie bezeichnet.

Die Schmerztherapie wurde, gleich wie in der „EMS-Nurse“-Studie, von präklinisch tätigen Pflegekräften durchgeführt.

Die Fascia-iliaca-Blockade bei einer Hüftfraktur zeigte gegenüber der herkömmlichen systemischen Schmerztherapie eine signifikant stärkere Schmerzreduktion, sowohl in Bezug auf statische Schmerzen (mit Regionalanästhesie reduziert von einem NRS-Wert von 3 (IQR [1,5-7]) auf 1 (IQR [1-1,5], $p < 0,05$)) als auch dynamische Schmerzen (mit Regionalanästhesie reduziert von einem NRS-Wert von 10 (IQR [8,5-10]) auf 4 (IQR [1,5-5], $p < 0,05$)). Diese NRS-Werte beziehen sich auf die neun Patient*innen, deren Schmerzstärke mittels NRS erhoben wurde. Die Abfrage des sekundären NRS-Wertes erfolgte bei Ankunft im Krankenhaus.

Im Vergleich dazu wurde durch die alleinige systemische Schmerztherapie lediglich eine Reduktion von einem anfänglichen NRS-Wert von 3,5 (IQR [2-7]) auf 2 (IQR [1-3], $p < 0,05$) bei Ankunft im Krankenhaus (statische Schmerzen) sowie eine Reduktion von einem NRS-Wert von 8 (IQR [6-10]) auf 4 (IQR [3-6], $p < 0,05$) bei Ankunft im Krankenhaus (dynamische Schmerzen) erreicht. Statische Schmerzen waren hier die Schmerzen in der bequemsten Position für die Patient*innen, dynamische Schmerzen wurden definiert als Schmerzen beim passiven Anheben des Beines der verletzten Seite um 15° .

Der gemessene Parameter für die Schmerzreduktion bei angewandter präklinischer Regionalanästhesie war bei neun Patient*innen der NRS-Wert und bei 18 Patient*innen der BRS-Wert – ein in dieser Studie verwendeter, verhaltensabhängiger Äquivalenzwert zum NRS-Wert für kognitiv eingeschränkte Patient*innen, die keine NRS-Werte angeben konnten. Der BRS unterscheidet zwischen den drei Kategorien: kein bzw. milde, moderate oder starke Schmerzen. Hierbei entspricht er dem NRS-Äquivalent von 0-3 (keine bzw. milde), 4-7 (moderate) oder 8-10 (starke Schmerzen). (59)

3.1.4 Ultraschall-Studie

In einer randomisierten kontrollierten Studie erhielten 18 Patient*innen mit einer isolierten Extremitätenverletzung präklinisch eine periphere Nervenblockade. Von diesen 18 Patient*innen erhielten vier eine Nervus-femoralis-Blockade, zwölf eine Kombination aus Nervus-femoralis-Blockade und Nervus-ischiadicus-Blockade und zwei Patient*innen eine Plexus-brachialis-Blockade. All diese Blockaden wurden ultraschallgezielt von Ärzt*innen durchgeführt, daher wird diese Studie hier Ultraschall-Studie genannt. 16 dieser 18 Patient*innen erhielten vor der Anwendung der Regionalanästhesie bereits systemische Schmerztherapie. In der Studie gab es eine Kontrollgruppe, hier erhielten weitere zwölf Patient*innen ausschließlich systemische Schmerztherapie.

In der Patient*innengruppe, die Regionalanästhesie erhielt, konnte der NRS-Wert durch die Regionalanästhesie von 8 (IQR 7-9) auf 0 (IQR [0-3], $p < 0,05$) reduziert werden. Weiters konnte auch der NRS-Wert während Durchführung einer Intervention (z.B. Reposition einer Fraktur oder einer Luxation) signifikant stärker reduziert werden als in der Gruppe, die nur systemische Analgesie erhielt. Denn retrospektiv gab nur einer der 18 Patient*innen nach Erhalt der Regionalanästhesie an, während der Intervention Schmerzen zu verspüren. Bei ausschließlich systemischer Schmerztherapie gaben sieben der zwölf Patient*innen Schmerzen an.

Zudem wurde die Intervention unter Regionalanästhesie als signifikant einfacher durchführbar beschrieben als mit ausschließlich systemischer Analgesie. Mit Regionalanästhesie wurde die Intervention bei zwölf von 15 Patient*innen als einfach beschrieben, bei ausschließlich systemischer Schmerztherapie wurde die Intervention nur bei zwei von neun Patient*innen als einfach beschrieben ($p < 0,05$).

Die Angabe aller NRS-Werte außer dem Wert für die initialen Schmerzstärke erfolgte erst am zweiten Tag nach der Therapie.

Im Übrigen wurde bei Patient*innen, die ausschließlich systemische Schmerztherapie erhielten, eine relevante Komplikation beschrieben. Nämlich wurde bei diesen Patient*innen eine signifikant niedrigere Sauerstoffsättigung gemessen (Regionalanästhesie: $98.6 \pm 0.5\%$ (Mittelwert \pm SD), nur systemische Schmerztherapie: $95.2 \pm 5.2\%$ (Mittelwert \pm SD), $p < 0,05$), wobei zwei von zwölf Patient*innen sogar einen kurzzeitigen Sättigungsabfall auf unter 90% hatten. (60)

3.1.5 Magnesiumsulfat-Studie

Eine randomisierte kontrollierte Studie beschäftigte sich mit Magnesiumsulfat als wirksames Adjuvans. Daher wird diese Studie hier als Magnesiumsulfat-Studie bezeichnet. In dieser Studie wurden 48 Patient*innen mit isolierten Femurschaftfrakturen mithilfe einer landmarkengezielten Fascia-iliaca-Blockade und im Bedarfsfall mit zusätzlichem Morphin behandelt. Dabei wurden für zwei Gruppen mit je 24 Patient*innen jeweils 15ml Lidocain mit Adrenalin (1:200.000 verdünnt) verwendet und in einer der Gruppen wurde zusätzlich 450mg 15% Magnesiumsulfat (3ml) hinzugefügt. (61)

Magnesiumsulfat fungiert als NMDA-Rezeptor-Antagonist sowie als Antagonist am Kalziumkanal. Damit geht eine Hemmung der Neurotransmitterfreisetzung einher. Magnesiumsulfat hat daher einen analgetischen Effekt als Adjuvans in der Regionalanästhesie. (62)

Die Schmerzen der Patient*innen wurden mithilfe des VAS-Wertes erhoben und in beiden Gruppen wurde eine signifikante Reduktion der Schmerzen erzielt. In der Gruppe mit Magnesiumsulfat war zusätzlich eine signifikant geringere Menge an Morphin für einen vergleichbaren analgetischen Effekt nötig (0mg Morphin mit Magnesiumsulfat (25%-95% Intervall [0-3]), 3mg Morphin ohne Magnesiumsulfat (25%-95% Intervall [3-9], $p < 0,05$)). Weiters kam es in der Gruppe mit zugefügtem Magnesiumsulfat zu einem signifikant schnelleren Wirkeintritt. Hierbei wurden jedoch weder Konfidenzintervall noch Signifikanzwert angegeben. In der Studie wurden keine Nebenwirkungen beschrieben. (61)

3.2 Schmerzreduktion durch präklinische Regionalanästhesie

Studien	Patient* innenzahl	Durchgeführte Blockade	Primärer NRS-Wert*	Sekundärer NRS-Wert*	NRS-Wert- Reduktion*	Anmerkungen
„Paramedic“- Studie (57)	11	Fascia-iliaca- Blockaden	10	3 (nach 15min)	7	
„EMS- Nurse“-Studie (58)	100	Fascia-iliaca- Blockaden	8	6 (nach 10min) 4 (nach 20min) 3 (im Krankenhaus)	2 (nach 10min) 4 (nach 20min) 3 (im Krankenhaus)	Keine Angabe des Signifikanzwertes, aber bei 96 von 100 Patient*innen Schmerzreduktion ≥ 2 NRS-Punkte.
Geriatric- Studie (59)	9	Fascia-iliaca- Blockaden	3 (statisch) 10 (dynamisch)	1 (statisch) 4 (dynamisch)	2 (statisch) 6 (dynamisch)	Sekundärer NRS- Wert bei Ankunft im Krankenhaus. (18 Patient*innen mit BRS-Wert- Reduktion hier ausgeschlossen.)
Ultraschall- Studie (60)	18	12 Nervus-femoralis + -ischiadicus-; 4 Nervus-femoralis-; 2 Plexus-brachialis- Blockaden	8	0	8	Sekundärer NRS- Wert retrospektiv am Tag zwei nach Therapie erhoben.
Magnesium- sulfat-Studie (61)	48	Nervus-femoralis- Blockaden	7,5 (VAS)	3,5 (VAS nach 15min)	4 (VAS)	Angabe mit VAS statt NRS. 25%-95% Intervall statt IQR (Q1-Q3).

* $p < 0,05$; NRS-Wert = Median aus IQR (Q1-Q3); sekundärer NRS-Wert mit Zeitpunkt nach Durchführung der Regionalanästhesie

Tabelle 2: Schmerzreduktion in den eingeschlossenen Studien

3.3 Komplikationen präklinischer Regionalanästhesie

In den eingeschlossenen Studien wurden keinerlei Komplikationen oder Nebenwirkungen bei Anwendung der Regionalanästhesie beschrieben. Jedoch wurden die Langzeitnebenwirkungen (z.B. Infektion, Nervenläsionen oder Kompartmentsyndrom) nicht evaluiert, da die Patient*innen in allen eingeschlossenen Studien nur wenige Stunden bis Tage nach Durchführung der Regionalanästhesie beobachtet wurden. (57, 58, 59, 60, 61)
Insgesamt lassen sich durch die Regionalanästhesie im Vergleich zu systemischer Schmerztherapie einige Nebenwirkungen vermeiden. Vor allem ältere Patient*innen sind durch die Nebenwirkungen systemischer Schmerztherapie (z.B. von Opioiden) gefährdet und können deshalb von Regionalanästhesie profitieren. (59)

3.4 Durchführbarkeit präklinischer Regionalanästhesie

In der „EMS-Nurse“-Studie wurden präklinisch tätige Pflegekräfte auf die Durchführung der Fascia-iliaca-Blockade für die Indikation einer proximalen Femurfraktur eingeschult, trainiert sowie geprüft und haben dann jeweils mindestens zehn Fascia-iliaca-Blöcke präklinisch durchgeführt. 96 dieser 100 eingeschlossenen Patient*innen haben eine Reduktion des NRS-Wertes von mindestens zwei Punkten im Rahmen der Regionalanästhesie durch die Fascia-iliaca-Blockade erhalten. Somit wurde gezeigt, dass die Durchführbarkeit einfach erlernbar ist und nicht ausschließlich auf ärztliches Personal beschränkt sein muss. (58)

In der „Paramedic“-Studie wurden elf präklinisch durchgeführte Fascia-iliaca-Blockaden von dafür vorbereiteten und trainierten Sanitäter*innen durchgeführt. (57)

In der Geriatrie-Studie wurde die präklinische Regionalanästhesie bei 27 Patient*innen von präklinisch tätigen Pflegekräften durchgeführt. (59)

3.4.1 Zeitaufwand präklinischer Regionalanästhesie

Unter den eingeschlossenen Studien erfasste nur die „Paramedic“-Studie die genaue Verweildauer am Einsatzort. Hierbei konnte durch die Durchführung der Regionalanästhesie kein signifikanter Unterschied der Verweildauer am Einsatzort beobachtet werden (Gruppe Regionalanästhesie: 51min (IQR [45-60min]) im Vergleich zur Gruppe mit ausschließlich systemischer Schmerztherapie: 48min (IQR [35-59min], $p < 0,05$)). (57)

4 Diskussion

4.1 Beantwortung der Forschungsfragen

4.1.1 Effektivität präklinischer Regionalanästhesie

Die erste Forschungsfrage richtete sich nach der Effektivität von Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin. In allen eingeschlossenen Studien wird durch Regionalanästhesie eine signifikante Reduktion der Schmerzstärke erreicht (Signifikanzwert $p < 0,05$, Interquartilsabstand Q1-Q3) (57, 58, 59, 60, 61). Außerdem wurde in drei Studien gezeigt, dass die Regionalanästhesie der systemischen Analgesie im präklinischen Setting bei den beschriebenen Indikationen zur Schmerzreduktion, gemessen am primären Endpunkt, der Reduktion des NRS-Wertes (oder einem Äquivalent wie dem VAS-Wert) signifikant überlegen ist (Signifikanzwert $p < 0,05$, Interquartilsabstand Q1-Q3). Aufgrund der unterschiedlichen Methoden in den eingeschlossenen Studien (unterschiedliche Zeitpunkte der Abfrage, Begleittherapie mit systemischer Analgesie, etc.) kann in diesem systematischen Review jedoch keine valide mittlere NRS-Wert-Reduktion durch Regionalanästhesie angegeben werden. (57, 59, 60)

4.1.2 Komplikationen präklinischer Regionalanästhesie

Die zweite Forschungsfrage widmete sich den Komplikationen präklinischer Regionalanästhesie. Hierbei lässt sich sagen, dass bei allen eingeschlossenen Studien keine Komplikationen bei der präklinischen Durchführung der Regionalanästhesie angegeben wurden. Zudem wurden bei den eingeschlossenen Patient*innen keinerlei Nebenwirkungen durch die Regionalanästhesie beschrieben. Jedoch muss an dieser Stelle auch bedacht werden, dass viele Patient*innen nur wenige Stunden nach Aufnahme im Krankenhaus verfolgt wurden und somit mögliche spätere Komplikationen wie Infektionen, Kompartmentsyndrome oder sensomotorische Ausfälle eventuell nicht erfasst wurden. (57) Natürlich dürfen weiterhin bei der Anwendung von Regionalanästhesie potenzielle Nebenwirkungen wie die allergische Reaktion, die Kardiotoxizität und die akut systemische Toxizität (24) sowie weitere Komplikationen wie Blutungen, Verletzung umliegender Gewebe (Muskel, Nerv, Organe) (54) nicht außer Acht gelassen werden. Die eingeschlossene Patient*innenpopulation ist jedoch nicht ausreichend groß und damit nicht repräsentativ für das Beschreiben von seltenen Nebenwirkungen.

4.1.3 Durchführbarkeit präklinischer Regionalanästhesie

Die dritte Forschungsfrage nach der Durchführbarkeit im präklinischen Setting und je nach Berufsgruppe ließ sich aufgrund der fehlenden Homogenität der angewandten Methoden mit diesem systematischen Review nicht eindeutig beantworten. Verschiedene Arten der Regionalanästhesie sind unterschiedlich schwierig erlernbar sowie durchführbar und mit verschiedenen potenziellen Komplikationen assoziiert, je nach Applikationsort. Beispielsweise bergen Plexus-brachialis-Blockaden trotz Anwendung von Ultraschall ein erwähnenswertes Risiko für die Entstehung eines Pneumothorax (in 0,4-0,6% der Fälle) (53), wohingegen Komplikationen bei Fascia-iliaca-Blockaden (z.B. Neuropathien und Gefäßverletzungen) als äußerst selten gelten. (63) Daher ist es diskutabel, ob Sanitäter*innen, Pflegekräfte, sonstige Berufsgruppen, oder nur alle Ärzt*innen (oder gar ausschließlich Notfallmediziner*innen oder Anästhesiolog*innen) Regionalanästhesie durchführen sollten. Jede Blockade erfordert jeweils anderes technisches (z.B. Ultraschallkenntnis), anatomisches und klinisches Wissen. Allerdings wird derzeit angenommen, dass die präklinische Regionalanästhesie aufgrund all ihrer Vorteile in Zukunft flächendeckender und von insgesamt mehr Berufsgruppen als nur von Anästhesiolog*innen erlernt werden könnte. (64)

Die eingeschlossenen Studien zeigen, dass Blockaden wie z.B. die Fascia-iliaca-Blockade und die Nervus-femoralis-Blockade präklinisch gut anwendbar sind und auch von anderen Berufsgruppen wie Sanitäter*innen oder Pflegekräften erlernt werden können. (57, 58)

Zu anderen Blockaden in der Regionalanästhesie (z.B. der oberen Extremität oder vom Thorax) gibt es präklinisch noch kaum Daten. Bei den eingeschlossenen Studien wurden lediglich zwei Patient*innen mit einer Plexus-brachialis-Blockade versorgt. Trotzdem ist die Indikation für präklinische Regionalanästhesie durchaus auch gegeben für die obere Extremität und andere Blockaden als die der Fascia iliaca und des Nervus femoralis. (60)

Weiters entstanden durch die präklinische Anwendung der Regionalanästhesie in der „Paramedic“-Studie keine signifikanten Zeitverzögerungen vor Ort (Signifikanzwert $p < 0,05$, Interquartilsabstand Q1-Q3). (57)

Alle 18 eingeschlossenen Patient*innen der Ultraschall-Studie, die präklinische Regionalanästhesie erhielten, gaben am zweiten Tag danach an, dass sie die präklinische Regionalanästhesie weiterempfehlen würden. (60) Auch in der „EMS-Nurse“-Studie wurde die Zufriedenheit aller 100 eingeschlossenen Patient*innen mit einer Zufriedenheitsskala (eins = absolut unzufrieden, zehn = sehr zufrieden) erfragt. Der Median dieser Zufriedenheitsskala lag bei neun. (58)

4.2 Bedeutung für zukünftige Forschung

Da es derzeit noch sehr wenige kontrollierte und rezente Studien zu präklinischer Regionalanästhesie gibt und die große Mehrheit sich mit der recht einfach erlernbaren und komplikationsarmen Fascia-iliaca-Blockade beschäftigt, sind zu einigen anderen schwierigeren, jedoch präklinisch potenziell durchführbaren Blöcken (z.B. Plexus-brachialis-Blockade, etwa bei distaler Radiusfraktur, eine der häufigsten Frakturen überhaupt (65)) noch kaum präklinische Studien auffindbar. So wie die Plexus-brachialis-Blockade könnten viele weitere Blöcke jedoch in Zukunft präklinisch Anwendung finden, daher ist der Bedarf für neue Forschung und Studien definitiv gegeben.

Darüber hinaus gibt es Patient*innengruppen, die noch ausführlicher in Studien behandelt werden sollten, um Daten dazu zu sammeln. Insbesondere sollten geriatrische Patient*innen genauer untersucht werden, da bereits gezeigt wurde, dass sie verstärkt von Regionalanästhesie profitieren, auch um Nebenwirkungen systemischer Schmerztherapie zu vermeiden. (66) Denn in den eingeschlossenen Studien wird größtenteils die Anwendung der Fascia-iliaca-Blockade und der Nervus-femoralis-Blockade (vor allem für Hüftfrakturen) beschrieben. Dies ist eine sehr kleine und selektive Menge unter den in der Einleitung erwähnten möglichen Anwendungsgebiete der Regionalanästhesie. Jedoch tritt die Hüftfraktur zum größten Teil bei geriatrischen Patient*innen auf und deshalb ist gerade hier die Regionalanästhesie so sinnvoll. (67)

Außerdem gibt es noch nicht viele Studien zu präklinischer Regionalanästhesie bei Kindern, wobei sich dabei sowohl der Patient*innenumgang, als auch die praktische Durchführung deutlich unterschiedlich zu Erwachsenen gestalten kann. Jedoch wird angenommen, dass auch in der Pädiatrie die präklinische Regionalanästhesie bei gewissen Indikationen (z.B. Fascia-iliaca-Blockade) der systemischen Schmerztherapie überlegen ist. (68)

Die Wahl des richtigen Lokalanästhetikums oder der richtigen Kombination aus mehreren Lokalanästhetika und deren Dosierung sowie gut geeigneter Adjuvantien speziell für die präklinische Anwendung wird wohl die Wissenschaft auch noch weiterhin beschäftigen. Hierbei sollte der richtige Wirkstoff einen schnellen Wirkeintritt haben und besonders nebenwirkungsarm für sämtliche Patient*innengruppen sein. Im Übrigen sollte der passende Wirkstoff an die individuellen Bedingungen der Patient*innen angepasst werden, beispielsweise bezogen auf Lokalisation, Körpergewicht und Anspruch an die Wirkdauer. (69)

4.3 Limitationen

In diesem systematischen Review werden nur fünf und somit insgesamt sehr wenige Studien eingeschlossen, da die rezente Datenlage zu präklinischer Regionalanästhesie noch nicht sehr umfangreich ist.

Zusätzlich sind die Forschungsfragen dieses systematischen Reviews nur eingeschränkt mit den eingeschlossenen Studien beantwortbar, da diese Studien schwierig vergleichbar sind und sehr unterschiedlich große Patient*innengruppen sowie andere primäre Forschungsfragen haben, etwa nach dem Benefit von Magnesium als Adjuvans (61) oder nach der präklinischen Durchführbarkeit der Regionalanästhesie von Sanitäter*innen oder Pflegekräften. (57, 58)

Beim Erheben der Reduktion des Wertes für die Schmerzstärke zeigte sich, dass einerseits das Erheben des Wertes für die Schmerzstärke je nach Studie zu unterschiedlichen Zeitpunkten passierte (z.B. zehn oder 15 Minuten nach Durchführung der Regionalanästhesie oder erst bei Ankunft im Krankenhaus) und andererseits verschiedene Schmerzquantifizierungsmethoden (NRS, VAS oder BRS) verwendet wurden, womit die Vergleichbarkeit des Wertes für die Schmerzstärke deutlich verschlechtert wurde. (57, 58, 59, 60, 61)

Des Weiteren wurden die Patient*innen in einer randomisierten kontrollierten Studie erst am zweiten Tag nach Durchführung der präklinischen Regionalanästhesie zur Angabe des NRS-Wertes für ihre Schmerzstärke befragt. In dieser Studie ist die NRS-Wert-Reduktion auffallend hoch, weil die Patient*innen sich vermutlich nicht mehr so gut erinnern können wie, im Vergleich zu den anderen eingeschlossenen Studien, unmittelbar oder wenige Minuten nach der Durchführung. (60)

Im Übrigen ist die Schmerzstärke immer subjektiv und multifaktoriell, daher ist es sehr schwierig und nie vollständig objektivierbar, die Schmerzstärke mithilfe von Messwerten adäquat zu erfassen. (70)

Eine weitere Problematik ist der bereits angesprochene erhöhte Schwierigkeitsgrad von verschiedenen Blöcken der Regionalanästhesie und die dafür vorausgesetzte Notwendigkeit von anatomischen Kenntnissen und praktischen Fertigkeiten. Besonders schwierig kann die Regionalanästhesie beispielsweise bei schwerer Adipositas sein, hierbei sind anatomische Strukturen landmarken- sowie ultraschallgezielt deutlich schwerer aufzufinden und oft ist das vorhandene Equipment (z.B. Nadellänge) auch nicht für die Patient*innengruppe geeignet. (71)

Vor allem im Vergleich zur systemischen Schmerztherapie ist die Regionalanästhesie mit der gesamten Bandbreite an möglichen Indikationen schwieriger zu erlernen, denn bei der systemischen Schmerztherapie kann meist für verschiedene Krankheitsbilder (z.B. Bruch des Femurs oder des Humerus) dasselbe Therapieschema verwendet werden. Dem steht jedoch gegenüber, dass bei der systemischen Analgesie hohes Alter und Multimorbidität ein höheres Risiko für Nebenwirkungen bergen. Weiters besteht hier die Gefahr des Unterlassens einer systemischen Behandlung oder der Gabe von zu wenig Schmerzmittel, der Oligoanalgesie. (72)

Darüber hinaus wurde in vier der fünf eingeschlossenen Studien die Regionalanästhesie ausschließlich landmarkengezielt und nicht ultraschallgezielt durchgeführt, wie es eigentlich in rezenter Literatur aufgrund von höheren Erfolgsraten empfohlen ist. (73) Die ultraschallgezielte Durchführung erfordert jedoch mehr Übung und Training. Außerdem ist ein Ultraschallgerät teuer und daher international, insbesondere in der Präklinik, noch nicht flächendeckend verfügbar. (74)

4.4 Conclusio

Dieses systematische Review zeigt, dass Regionalanästhesie in der präklinischen Notfallmedizin eine signifikant stärkere Schmerzreduktion bringt als ausschließlich systemische Schmerzmedikation. Hierbei kann die Regionalanästhesie allein oder in Kombination mit systemischer Schmerzmedikation effektive Schmerzreduktion für Patient*innen bringen. Dabei sind in den eingeschlossenen Studien keinerlei Nebenwirkungen durch präklinische Regionalanästhesie beschrieben worden und somit wurde gezeigt, dass präklinische Regionalanästhesie, abhängig vom Anwendungsgebiet, durchaus sehr komplikationsarm sein kann. Außerdem kann die Durchführung von Regionalanästhesie von verschiedenen Berufsgruppen wie etwa Sanitäter*innen oder Pflegekräfte erlernt werden.

Derzeit werden in der Präklinik vor allem Fascia-iliaca-Blockaden und Nervus-femoralis-Blockaden, teilweise auch Plexus-brachialis-Blockaden angewandt. Die präklinische Regionalanästhesie könnte jedoch in Zukunft noch um einige Indikationen erweitert und immer häufiger angewandt werden.

5 Literaturverzeichnis

1. Pincus E. Regional Anesthesia: An Overview. *Aorn j.* 2019;110(3):263-72.
2. Hards M, Brewer A, Bessant G, Lahiri S. Efficacy of Prehospital Analgesia with Fascia Iliaca Compartment Block for Femoral Bone Fractures: A Systematic Review. *Prehosp Disaster Med.* 2018;33(3):299-307.
3. Gadsden J, Warlick A. Regional anesthesia for the trauma patient: improving patient outcomes. *Local Reg Anesth.* 2015;8:45-55.
4. Holdgate A, Shepherd SA, Huckson S. Patterns of analgesia for fractured neck of femur in Australian emergency departments. *Emerg Med Australas.* 2010;22(1):3-8.
5. Slade S, Hanna E, Pohlkamp-Hartt J, Savage DW, Ohle R. Efficacy of Fascia Iliaca Compartment Blocks in Proximal Femoral Fractures in the Prehospital Setting: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Prehosp Disaster Med.* 2023;38(2):252-8.
6. Stein C. Opioid Receptors. *Annu Rev Med.* 2016;67:433-51.
7. Benyamin R, Trescot AM, Datta S, Buenaventura R, Adlaka R, Sehgal N, et al. Opioid complications and side effects. *Pain Physician.* 2008;11(2 Suppl):S105-20.
8. Guay J, Kopp S. Peripheral nerve blocks for hip fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020;11(11):Cd001159.
9. Foss NB, Kristensen BB, Bundgaard M, Bak M, Heiring C, Virkelyst C, et al. Fascia iliaca compartment blockade for acute pain control in hip fracture patients: a randomized, placebo-controlled trial. *Anesthesiology.* 2007;106(4):773-8.
10. Tsai TY, Yeh HT, Liu YC, Lee CH, Chen KF, Chou EH, et al. Trends of Regional Anesthesia Studies in Emergency Medicine: An Observational Study of Published Articles. *West J Emerg Med.* 2022;23(6):878-85.
11. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, et al. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain.* 2020;161(9):1976-82.
12. Fillingim RB. Individual differences in pain: understanding the mosaic that makes pain personal. *Pain.* 2017;158 Suppl 1(Suppl 1):S11-s8.
13. Larson CM, Wilcox GL, Fairbanks CA. The Study of Pain in Rats and Mice. *Comp Med.* 2019;69(6):555-70.
14. Tracey WD, Jr. Nociception. *Curr Biol.* 2017;27(4):R129-r33.

15. Yam MF, Loh YC, Tan CS, Khadijah Adam S, Abdul Manan N, Basir R. General Pathways of Pain Sensation and the Major Neurotransmitters Involved in Pain Regulation. *Int J Mol Sci.* 2018;19(8).
16. Mills SEE, Nicolson KP, Smith BH. Chronic pain: a review of its epidemiology and associated factors in population-based studies. *Br J Anaesth.* 2019;123(2):e273-e83.
17. Karcioğlu O, Topacoglu H, Dikme O, Dikme O. A systematic review of the pain scales in adults: Which to use? *Am J Emerg Med.* 2018;36(4):707-14.
18. Nalamachu S. An overview of pain management: the clinical efficacy and value of treatment. *Am J Manag Care.* 2013;19(14 Suppl):s261-6.
19. Anekar AA, Hendrix JM, Cascella M. WHO Analgesic Ladder. *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.*
20. Yentis S, Hirsch NP, Ip J. *Anaesthesia and Intensive Care A-Z E-Book: An Encyclopaedia of Principles and Practice: Elsevier Health Sciences; 2018.*
21. Becker DE, Reed KL. Local anesthetics: review of pharmacological considerations. *Anesth Prog.* 2012;59(2):90-101; quiz 2-3.
22. Tsuchiya H, Mizogami M. Interaction of local anesthetics with biomembranes consisting of phospholipids and cholesterol: mechanistic and clinical implications for anesthetic and cardiotoxic effects. *Anesthesiol Res Pract.* 2013;2013:297141.
23. Cherobin A, Tavares GT. Safety of local anesthetics. *An Bras Dermatol.* 2020;95(1):82-90.
24. Bahar E, Yoon H. Lidocaine: A Local Anesthetic, Its Adverse Effects and Management. *Medicina (Kaunas).* 2021;57(8).
25. Čižmáriková R, Čižmárik J, Valentová J, Habala L, Markuliak M. Chiral Aspects of Local Anesthetics. *Molecules.* 2020;25(12).
26. Freedman R, Herbert L, O'Donnell A, Ross N, Wilson IH, Allman KG. *Oxford Handbook of Anaesthesia: Oxford University Press; 2022.*
27. Fernández Martín MT, Alvarez Lopez S, Aldecoa Alvarez-Santullano C. Role of adjuvants in regional anesthesia: A systematic review. *Rev Esp Anesthesiol Reanim (Engl Ed).* 2023;70(2):97-107.
28. Kamel I, Ahmed MF, Sethi A. Regional anesthesia for orthopedic procedures: What orthopedic surgeons need to know. *World J Orthop.* 2022;13(1):11-35.

29. Ardon AE, Lee J, Franco CD, Riutort KT, Greengrass RA. Paravertebral block: anatomy and relevant safety issues. *Korean J Anesthesiol.* 2020;73(5):394-400.
30. Southgate SJ, Herbst MK. Ultrasound-Guided Serratus Anterior Blocks. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
31. Chakraborty A. Blockmate: A Practical Guide for Ultrasound Guided Regional Anaesthesia: Springer Nature Singapore; 2021.
32. Berlioz BE, Bojaxhi E. PENG Regional Block. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
33. Chin KJ, Versyck B, Pawa A. Ultrasound-guided fascial plane blocks of the chest wall: a state-of-the-art review. *Anaesthesia.* 2021;76 Suppl 1:110-26.
34. Dhanjal S, Shannon C. Interpleural Analgesia. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
35. Baxter CS, Singh A, Ajib FA, Fitzgerald BM. Intercostal Nerve Block. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
36. Gilcrease-Garcia BM, Deshmukh SD, Parsons MS. Anatomy, Imaging, and Pathologic Conditions of the Brachial Plexus. *Radiographics.* 2020;40(6):1686-714.
37. Eisenberg E, Gaertner E. Ultrasound in Peripheral, Neuraxial and Perineuraxial Regional Anaesthesia: Springer International Publishing; 2023.
38. Neufeld EA, Shen PY, Nidecker AE, Runner G, Bateni C, Tse G, et al. MR Imaging of the Lumbosacral Plexus: A Review of Techniques and Pathologies. *J Neuroimaging.* 2015;25(5):691-703.
39. Rubin DI. Brachial and lumbosacral plexopathies: A review. *Clin Neurophysiol Pract.* 2020;5:173-93.
40. Christos SC, Chiampas G, Offman R, Rifenburg R. Ultrasound-guided three-in-one nerve block for femur fractures. *West J Emerg Med.* 2010;11(4):310-3.
41. NYSORA. The Hip (PENG) Block: NYSORA; 2020 [Available from: <https://www.nysora.com/news/the-hip-block-new-addition-to-nysoras-web-app/> (02 November 2023)].
42. Liu SS, Strodbeck WM, Richman JM, Wu CL. A comparison of regional versus general anesthesia for ambulatory anesthesia: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Anesth Analg.* 2005;101(6):1634-42.

43. Choi JJ, Lin E, Gadsden J. Regional anesthesia for trauma outside the operating theatre. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2013;26(4):495-500.
44. Turbitt LR, Mariano ER, El-Boghdadly K. Future directions in regional anaesthesia: not just for the cognoscenti. *Anaesthesia.* 2020;75(3):293-7.
45. Hayashi M, Kano K, Kuroda N, Yamamoto N, Shiroshita A, Kataoka Y. Comparative efficacy of sedation or analgesia methods for reduction of anterior shoulder dislocation: A systematic review and network meta-analysis. *Acad Emerg Med.* 2022;29(10):1160-71.
46. Saranteas T, Koliantzaki I, Savvidou O, Tsoumpa M, Eustathiou G, Kontogeorgakos V, et al. Acute pain management in trauma: anatomy, ultrasound-guided peripheral nerve blocks and special considerations. *Minerva Anesthesiol.* 2019;85(7):763-73.
47. Ochen Y, Peek J, van der Velde D, Beeres FJP, van Heijl M, Groenwold RHH, et al. Operative vs Nonoperative Treatment of Distal Radius Fractures in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2020;3(4):e203497.
48. Emmerson BR, Varacallo M, Inman D. Hip Fracture Overview. *StatPearls.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.; 2023.
49. Hartmann FV, Novaes MR, de Carvalho MR. Femoral nerve block versus intravenous fentanyl in adult patients with hip fractures - a systematic review. *Braz J Anesthesiol.* 2017;67(1):67-71.
50. Watson MJ, Walker E, Rowell S, Halliday S, Lumsden MA, Higgins M, et al. Femoral nerve block for pain relief in hip fracture: a dose finding study. *Anaesthesia.* 2014;69(7):683-6.
51. Schwenk ES, Gandhi K, Baratta JL, Torjman M, Epstein RH, Chung J, et al. Ultrasound-Guided Out-of-Plane vs. In-Plane Interscalene Catheters: A Randomized, Prospective Study. *Anesth Pain Med.* 2015;5(6):e311111.
52. Wolmarans M, Albrecht E. Regional anesthesia in the emergency department outside the operating theatre. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2023;36(4):447-51.
53. Barrington MJ, Uda Y. Did ultrasound fulfill the promise of safety in regional anesthesia? *Curr Opin Anaesthesiol.* 2018;31(5):649-55.
54. Shams D, Sachse K, Statzer N, Gupta RK. Regional Anesthesia Complications and Contraindications. *Clin Sports Med.* 2022;41(2):329-43.

55. Barrington MJ, Kluger R. Ultrasound guidance reduces the risk of local anesthetic systemic toxicity following peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2013;38(4):289-99.
56. Horlocker TT. Complications of regional anesthesia and acute pain management. *Anesthesiol Clin.* 2011;29(2):257-78.
57. McRae PJ, Bendall JC, Madigan V, Middleton PM. Paramedic-performed Fascia Iliaca Compartment Block for Femoral Fractures: A Controlled Trial. *J Emerg Med.* 2015;48(5):581-9.
58. Dochez E, van Geffen GJ, Bruhn J, Hoogerwerf N, van de Pas H, Scheffer G. Prehospital administered fascia iliaca compartment block by emergency medical service nurses, a feasibility study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2014;22:38.
59. Wennberg P, Hillberg Hörnfeldt T, Stål S, Herlitz J, Björås J, Larsson G. Fascia iliaca compartment block (FICB) as pain treatment in older persons with suspected hip fractures in prehospital emergency care - A comparative pilot study. *Int Emerg Nurs.* 2021;57:101012.
60. Büttner B, Mansur A, Kalmbach M, Hinz J, Volk T, Szalai K, et al. Prehospital ultrasound-guided nerve blocks improve reduction-feasibility of dislocated extremity injuries compared to systemic analgesia. A randomized controlled trial. *PLoS One.* 2018;13(7):e0199776.
61. Jebali C, Kahloul M, Hassine N, Jaouadi MA, Ferhi F, Naija W, et al. Magnesium Sulfate as Adjuvant in Prehospital Femoral Nerve Block for a Patient with Diaphysial Femoral Fracture: A Randomized Controlled Trial. *Pain Res Manag.* 2018;2018:2926404.
62. McKeown A, Seppi V, Hodgson R. Intravenous Magnesium Sulphate for Analgesia after Caesarean Section: A Systematic Review. *Anesthesiol Res Pract.* 2017;2017:9186374.
63. Verbeek T, Adhikary S, Urman R, Liu H. The Application of Fascia Iliaca Compartment Block for Acute Pain Control of Hip Fracture and Surgery. *Curr Pain Headache Rep.* 2021;25(4):22.
64. Pawa A, El-Boghdadly K. Regional anesthesia by nonanesthesiologists. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2018;31(5):586-92.

65. Ammann S, Schoell E, Nieves Ortega R, Bingisser R. Ultrasound-guided regional anaesthesia and reduction of distal radius fractures in an emergency department. *Swiss Med Wkly*. 2020;150:w20288.
66. Al Harbi MK, Alshaghroud SM, Aljahdali MM, Ghorab FA, Baba F, Al Dosary R, et al. Regional anesthesia for geriatric population. *Saudi J Anaesth*. 2023;17(4):523-32.
67. Li L, Bennett-Brown K, Morgan C, Dattani R. Hip fractures. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2020;81(8):1-10.
68. Black KJ, Bevan CA, Murphy NG, Howard JJ. Nerve blocks for initial pain management of femoral fractures in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013(12):Cd009587.
69. Nestor CC, Ng C, Sepulveda P, Irwin MG. Pharmacological and clinical implications of local anaesthetic mixtures: a narrative review. *Anaesthesia*. 2022;77(3):339-50.
70. Ledowski T. Objective monitoring of nociception: a review of current commercial solutions. *Br J Anaesth*. 2019;123(2):e312-e21.
71. Ingrande J, Brodsky JB, Lemmens HJ. Regional anesthesia and obesity. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2009;22(5):683-6.
72. Ferri P, Gambaretto C, Alberti S, Parogni P, Rovesti S, Di Lorenzo R, et al. Pain Management in a Prehospital Emergency Setting: A Retrospective Observational Study. *J Pain Res*. 2022;15:3433-45.
73. Gelfand HJ, Ouanes JP, Lesley MR, Ko PS, Murphy JD, Sumida SM, et al. Analgesic efficacy of ultrasound-guided regional anesthesia: a meta-analysis. *J Clin Anesth*. 2011;23(2):90-6.
74. Amaral CB, Ralston DC, Becker TK. Prehospital point-of-care ultrasound: A transformative technology. *SAGE Open Med*. 2020;8:2050312120932706.