

Aus dem Department für Kleintiere und Pferde
der Veterinärmedizinischen Universität Wien
Klinische Abteilung für Anästhesiologie und perioperative Intensivmedizin
(Leiterin: Prof. Dr. Martina Mosing)

Lokalanästhetische Techniken für die orale Chirurgie bei Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen - ein Überblick

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Janne Kneisel

Wien, September 2023

BetreuerIn und 1. GutachterIn:

Dr. med. vet. Nina Gasparik-Küls

Institut für Anästhesiologie und perioperative Intensivmedizin

Department für Kleintiere und Pferde

Veterinärmedizinische Universität Wien

Dr. med. vet. Matthias Eberspächer-Schweda

Institut für Kleintierchirurgie

Department für Kleintiere und Pferde

Veterinärmedizinische Universität Wien

2. Gutachterin:

Prof. Dr. med. vet. Martina Mosing

Institut für Anästhesiologie und perioperative Intensivmedizin

Department für Kleintiere und Pferde

Veterinärmedizinische Universität Wien

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich keine anderen als die erwähnten Hilfsmittel und Literaturstellen einbezogen habe und die entscheidenden Arbeiten selbst durchgeführt habe. Alle zuarbeitend Tätigen wurden mit ihrem Beitrag zur Arbeit angeführt. Die zur Beurteilung vorgelegte Diplomarbeit wurde eigenständig verfasst. Die Arbeit wurde nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Freiburg i.Br., 9.9.23

Ort, Datum

J. Kneisel

Janne Kneisel

Inhaltsverzeichnis

1.	ABSTRACT	1
2.	ZUSAMMENFASSUNG	2
3.	EINLEITUNG	3
4.	GRUNDLAGEN.....	5
4.1	SCHMERZVERHALTEN.....	5
4.2	LOKALANÄSTHETIKA	6
4.2.1	<i>Wirkmechanismus</i>	6
4.2.2	<i>Wirkstoffe</i>	7
4.2.3	<i>Nebenwirkungen</i>	10
4.3	EQUIPMENT	13
4.4	RELEVANTE ANATOMIE.....	14
5.	MATERIAL UND METHODEN	16
6.	ERGEBNISSE	18
6.1	LOKALANÄSTHESIE FÜR ORALE CHIRURGIE BEI KANINCHEN, MEERSCHWEINCHEN UND FRETCHEN	18
6.1.1	<i>N. Maxillaris Block</i>	19
6.1.2	<i>N. infraorbitalis Block</i>	20
6.1.3	<i>N. alveolaris inferior Block</i>	20
6.1.4	<i>Nn. mentales Block</i>	21
6.1.5	<i>N. palatinus major Block</i>	22
6.1.6	<i>Intraligamentärer Block</i>	23
7.	DISKUSSION	24
8.	TABELLENVERZEICHNIS	27
9.	LITERATURVERZEICHNIS	27

1. Abstract

This review delves into the realm of local anesthesia for dental procedures in rabbits, guinea pigs and ferrets. The focus was on investigating which nerve blocks have been described for these animal species and the techniques employed therein. The inquiry encapsulates the outcome derived from a comprehensive literature search utilizing diverse search engines and databases. Following analysis and exclusion of irrelevant texts based on pre-defined criteria, 67 sources were utilized to compose the paper. The sources were then integrated into the Zotero software and organized using excel.

For rabbits, guinea pigs and ferrets five nerve blocks and one infiltrative block have been described: the maxillary nerve block, infraorbital nerve block, major palatine nerve block, mandibular or inferior alveolar nerve block, mental nerve block and the infiltrative intraligamentary block. These are elucidated within the context of the specific anatomy of each species and the described methods are discussed in relation to the challenges encountered during their application.

The findings emphasize that despite the confined conditions within the oral cavity, local anesthesia can be effectively administered in rabbits, guinea pigs and ferrets during dental procedures. This offers numerous advantages for safer anesthesia and balanced analgesia. However, the literature search highlights substantial research gaps in these species, demanding further attention.

Local anesthesia represents the gold standard in perioperative pain management, and it is hoped that its use will become more prevalent in rabbits, guinea pigs and ferrets in the future.

2. Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit ist ein Überblick über lokalanästhetische Techniken, die für dentale Prozeduren am Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen beschrieben sind.

Die Arbeit umfasst Ergebnisse einer umfassenden Literaturrecherche mit verschiedenen Suchmaschinen und Datenbanken. Nach Analyse und Ausschluss nicht relevanter Texte anhand vorher bestimmter Kriterien konnten 67 Quellen zur Erstellung der Arbeit herangezogen werden, welche in die Zotero Software integriert und mit Excel strukturiert wurden.

Bei Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen sind fünf Leitungsblöcke und ein infiltrativer Block beschrieben: der *N. maxillaris* Block, der *N. infraorbitalis* Block, der *N. palatinus major* Block, der *N. mandibularis* bzw. *N. alveolaris inferior* Block und der Block der *Nn. mentales*, sowie der infiltrative intraligamentäre Block. Diese werden im Kontext der spezifischen Anatomie der Tierarten dargestellt und die beschriebene Technik mit Bezug auf Herausforderungen in ihrer Anwendung erläutert.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Lokalanästhesien bei Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen bei dentalen Eingriffen trotz der engen Verhältnisse in der Maulhöhle gut durchführbar sind und etliche Vorteile für eine risikoärmere Narkose und balancierte Analgesie bringen. Leider zeigt die Literaturrecherche, dass für diese Tierarten aber noch große Lücken in der Forschung bestehen, die es zu schließen gilt.

Lokalanästhesien stellen den Goldstandard der perioperativen Schmerztherapie dar und werden in Zukunft hoffentlich auch bei Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen häufiger eingesetzt.

3. Einleitung

Für die balancierte Narkose und die rasche Genesung der Patienten nach schmerzhaften operativen Eingriffen ist eine effektive und multimodale Schmerztherapie unerlässlich. Bei Hunden und Katzen ist diese mittlerweile gut etabliert, bei Nagern, Kaninchen und Frettchen aber leider noch immer vernachlässigt (1,2). Während TierärztInnen bei einer Befragung angaben, 50–70 % der Hunde und Katzen postoperativ analgetisch abzudecken (je nach chirurgischem Eingriff), bekamen nur 21 % der Nager und Kaninchen Schmerzmittel (1). Insbesondere bei Nagern und Kaninchen ist eine schmerzarme Rekonvaleszenz jedoch wichtig, da diese Tiere bei Schmerzen zu Inappetenz neigen, aber durch ihre geringen Energiereserven und ihren empfindlichen Gastrointestinaltrakt auf eine kontinuierliche Futteraufnahme angewiesen sind (1). Postoperative Schmerzen können somit zu einer erhöhten Anästhesie assoziierten Mortalität beitragen (1,3).

Das Problem der unzureichenden Schmerzabdeckung bei Nagern, Kaninchen und Frettchen ist multifaktoriell. Zum einen sind viele TierärztInnen nicht mit dem Normalverhalten der Tiere vertraut und können damit die subtilen Verhaltensänderungen, die mit dem Schmerz einhergehen womöglich nicht erkennen (1,4). Zum anderen zeigen insbesondere Nager und Kaninchen als typische Beutetiere in fremder Umgebung das Schmerzverhalten weniger deutlich und weniger frequent, da sie den Tierarzt oder die Tierärztin als potenziellen Beutegreifer sehen. Somit ist zur Schmerzerkennung ein genaues und langwieriges Beobachten der Tiere notwendig, was im stressigen Praxisalltag oft nicht umsetzbar ist (1).

Als effektivste Methode der Schmerztherapie erweist sich die multimodale oder auch balancierte Schmerztherapie, bei der auf mehrere in ihrem Ansatzpunkt in der Schmerzweiterleitung unterschiedliche Schmerzmittel zurückgegriffen wird. Wird nur an einem Punkt in der Schmerzentstehung und -weiterleitung angesetzt, ist es unwahrscheinlich, dass selbst bei hohen Dosierungen eine vollständige Schmerzabdeckung erfolgt (1). Die Verwendung eines multimodalen Analgesie-Protokolls, das auch Lokalanästhetika beinhaltet, hat außerdem den Vorteil, dass die Dosis sowie Dauer der Anwendung und damit auch die Nebenwirkungen der einzelnen Schmerzmittel mit besseren Ergebnissen im Vergleich zur reinen systemischen Gabe von Analgetika reduziert werden können (1,5–7). Die Schmerzabdeckung sollte bereits vor dem schmerzhaften Stimulus - also präemptiv - gegeben sein, da dadurch eine sekundäre Hyperalgesie verhindert werden kann. Eine einmal etablierte

Hyperalgesie begünstigt im weiteren Heilungsprozess das Auftreten von mittelfristigem und chronischem Schmerz (7), was das postoperative Schmerzmanagement deutlich schwieriger und ineffektiver machen kann (8,9).

Die Lokalanästhesie ist also ein wichtiger Bestandteil der multimodalen Analgesie, da diese präemptiv eingesetzt wird und im Gegensatz zu anderen Schmerzmitteln die Weiterleitung des Schmerzes bzw. der Nozizeption bereits in der Peripherie blockiert, bevor das zentrale Nervensystem (ZNS) erreicht wird. In einer Studie an Hunden konnte gezeigt werden, dass Tiere die Lokalanästhetika bekamen, intraoperativ aber auch postoperativ einen niedrigeren Painscore hatten als Hunde, die systemisch mit Opioiden abgedeckt wurden (10). Durch die Verwendung von Lokalanästhetika kann außerdem der Verbrauch der Schmerzmittel in und nach dem Eingriff deutlich reduziert werden (11).

Aber nicht nur der Verbrauch von Schmerzmitteln kann verringert werden. Auch der Verbrauch des Inhalationsanästhetikums sinkt deutlich bei der Verwendung von Lokalanästhesien im Zuge einer multimodalen Schmerzabdeckung, da der MAC-Wert im Vergleich zu alleiniger systemischer Analgesie bei der Verwendung von Lokalanästhetika deutlich gesenkt wird. Das bedeutet, dass so unerwünschte Wirkungen von Inhalationsanästhetika, wie kardiorespiratorische Nebenwirkungen, reduziert werden können (7). All diese Vorteile durch die Nutzung von Lokalanästhetika können für eine komplikationslosere Rekonvaleszenz nach dem Eingriff sorgen.

Ziel dieser Arbeit war es deshalb die bereits beschriebenen Techniken der Lokalanästhesie insbesondere bei oralen Eingriffen an Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen genauer zu beleuchten, da Zahnprobleme einer der häufigsten Vorstellungsgründe von Heimtieren beim Tierarzt oder der Tierärztin sind (8,12).

4. Grundlagen

Um Schmerzen wirkungsvoll und gezielt behandeln zu können, muss das subtile Schmerzverhalten bzw die Nozizeption erkannt werden, die Wirkung sowie Nebenwirkungen des Analgetikums bekannt sein und anschließend die Applikation korrekt durchgeführt werden. Bei Lokalanästhesien ist es wichtig, außerdem die relevante Anatomie zu kennen, sodass die richtigen Orientierungspunkte für die Applikation gewählt werden und die betäubten Nerven das Operationsfeld ausreichend anästhesieren. Im folgenden Abschnitt sollen deshalb die Grundlagen besprochen werden, die notwendig sind, um Lokalanästhesien richtig anzuwenden.

4.1 Schmerzverhalten

Typisches Schmerzverhalten von Kaninchen und Meerschweinchen zeigt sich in Inappetenz, gesträubtem Fell, Automutilation und ungewöhnlicher Aggression, weniger Aktivität und Interesse an der Umgebung, zusammengekauerter Position, Separierung von der Gruppe, Zähneknirschen, Kontraktion der Abdominalmuskulatur, pressen des Abdomens auf den Boden, ataktischem Gang, gekrümmtem Rücken, vermehrter Wasseraufnahme, Nasen- und Augenausfluss und bei akutem Schmerz auch durch Lautäußerungen (1,4,5,13,14). Während bei Frettchen und Kaninchen die Augen eher zusammengekniffen werden, wölben sie sich beim Meerschweinchen bei Schmerz eher hervor (1,4,5,13,14). Im Gegensatz zu Kaninchen und Meerschweinchen zeigen sich Frettchen als Beutegreifer auch in fremder Umgebung meist verspielt und aufmerksam (14). Typische Schmerzzeichen beim Frettchen beinhalten wie beim Kaninchen und Meerschweinchen Inaktivität oder Ruhelosigkeit, zusammengekauerte Haltung, außergewöhnlich aggressives Verhalten, Inappetenz, Vokalisation, aber zudem auch Zittern bei normaler Körpertemperatur, Sträuben des Fells - insbesondere des Schwanzes -, einen erhöhten Muskeltonus, Zähneknirschen und typische Mimik, welche von Reijgwart et al. in ‚Facial Scale for Ferrets‘ genauer beschrieben wird (1,15,16).

Während der Narkose lassen sich nozizeptive Stimuli durch eine sympathomimetische Stimulation erkennen, welche mit einer Erhöhung der Atem- und Herzfrequenz sowie des Blutdrucks und der Temperatur, Schwitzen und Mydriasis einhergeht (1,15).

4.2 Lokalanästhetika

Lokalanästhetika stellen den Goldstandard für die perioperative Schmerztherapie dar. Sie blockieren Natriumkanäle in den Nervenfasern und damit die Reizweiterleitung der Aktionspotenziale in das zentrale Nervensystem (ZNS). Im Gegensatz zu anderen Analgetika, die eine Schmerzmodulation bewirken, führen Lokalanästhetika zu einer kompletten Anästhesie des durch die entsprechenden Nerven innervierten Gebietes. Des Weiteren sind sie günstig, nebenwirkungsarm und fallen nicht unter das Betäubungsmittelgesetz (9,17). Sie können topisch oder intraartikulär angewendet, in Gewebe infiltriert, epidural injiziert oder als regionale Leitungsblockade gesetzt werden.

4.2.1 Wirkmechanismus

Lokalanästhetika bewirken eine reversible intrazelluläre Blockade der spannungsabhängigen Natriumkanäle. Um in den Nerv diffundieren zu können, muss das Lokalanästhetikum ungeladen (nichtionisiert) vorliegen und lipophil sein. Im Nerv angekommen dissoziiert es und interagiert mit den Aminosäuren Phenylalanin und Tyrosin, was die Inaktivierung der Natriumkanäle bewirkt. Sind genügend Natriumkanäle geblockt, kann der Reiz nicht mehr weitergeleitet werden.

Die Wirksamkeit eines Lokalanästhetikums wird unter anderem vom pH-Wert des Gewebes und dem pKa-Wert des Lokalanästhetikums bestimmt. Der pKa-Wert, welcher die Stärke der Säure und ihren Ionisierungsgrad angibt, liegt bei den meisten Lokalanästhetika zwischen 7,8 und 9. Im sauren Milieu der Injektionslösungen sind Lokalanästhetika wasserlöslich und liegen in ionisierter Form vor. Nach Injektion wird die schwache Säure durch den pH-Wert des Gewebes abgepuffert. Je nach Lokalanästhetikum liegt 3–20 % des Wirkstoffes dann in der nicht-ionisierter Form vor, in der es in den Nerv eindringen kann. In saurem Gewebe, wie bei Entzündungen, liegen nur sehr geringe Anteile in nichtionisierter Form vor, sodass die Wirkung stark eingeschränkt ist. In sehr basischem Milieu wiederum kann die nichtionisierte Form im Inneren des Nervs nicht zurück in die ionisierte Form dissoziieren und damit auch keine Natriumkanäle blockieren, weshalb die Wirkung auch bei sehr hohem pH-Wert stark eingeschränkt ist (9,18,19).

An dünnen unmyelinisierten Nervenfasern wirken Lokalanästhetika stärker als an dickeren und myelinisierten. Zunächst werden deshalb die sensiblen afferenten Fasern des

Schmerzempfindens und dann die des Temperatur-, Berührungs- und Druckempfindens blockiert. Zuletzt fallen die motorischen Fasern aus. Die Blockade löst sich bei nachlassender Wirkung dann in umgekehrter Reihenfolge wieder auf.

Viele Lokalanästhetika haben eine erhöhte Affinität zu besonders aktiven Kanälen, was die frequenzabhängige Blockade erklärt (18). In hohen Dosen können Lokalanästhetika auch andere Ionenkanäle -insbesondere Kaliumkanäle- blockieren.

Es gibt Lokalanästhetika vom Ester-Typ und vom Amid-Typ. Diese unterscheiden sich strukturell in ihrem Aufbau und werden dadurch unterschiedlich schnell abgebaut. Lokalanästhetika vom Ester-Typ binden ihre aromatische Gruppe über eine Ester-Bindung und werden schon am Applikationsort sehr schnell durch Esterasen gespalten und inaktiviert. Lokalanästhetika vom Amid-Typ hingegen werden erst in der Leber metabolisiert und wirken deshalb in der Regel deutlich länger.

Für eine effektive Blockade der sensiblen Nervenfasern muss das Lokalanästhetikum in ausreichender Konzentration und mit ausreichend großem Volumen gegeben werden, sodass es um den Nerv diffundieren und in die Nervenzellen eindringen kann. Bei Heimtieren stößt man dabei auf das Problem, dass die notwendigen Volumina die toxische Dosis überschreiten würden, sodass einige Praktiker das Lokalanästhetikum verdünnen. Dadurch wird aber gleichzeitig die Konzentration geringer, was dazu führen kann, dass der Wirkeintritt verzögert und die Wirkdauer verkürzt ist. Leider gibt es bislang keine Studien an Heimtieren bei welcher Verdünnung die Wirkung der Lokalanästhetika noch uneingeschränkt ist und welche Volumina genau notwendig sind, aber eine Verdünnung von Lidocain bis zu 0,25 % scheint noch eine effektive Blockade zu bewirken (5,6,11).

4.2.2 *Wirkstoffe*

In diesem Abschnitt soll der Fokus nur auf die in der Zahnmedizin gängigen Lokalanästhetika, welche hauptsächlich aus der Gruppe der Amid-Typ Lokalanästhetika stammen, gelegt werden. Viele Angaben zum Wirkeintritt und zur Wirkdauer stammen aus der Humanmedizin oder aus Studien an Hunden und Katzen, da es zu Heimtieren diesbezüglich wenig Studien gibt (20). Wo immer möglich, wird aber speziell auf die Anwendung bei Meerschweinchen, Kaninchen und Frettchen eingegangen. Zu beachten ist, dass keines der modernen Lokalanästhetika eine Zulassung für Heimtiere hat und umgewidmet werden muss (9,20).

Procain

Das Lokalanästhetikum vom Ester-Typ hat einen Wirkeintritt von 5–15 min und eine Wirkdauer von 30–120 min (21). Es hat die beste Gewebsverträglichkeit und geringste systemtoxische Wirkung. Es wird zur Infiltrations- und Leitungsanästhesie eingesetzt. Durch die kurze Wirkdauer und die als Lokalanästhetikum vom Ester-Typ häufigeren allergischen Reaktionen wird es nur noch selten genutzt (18,19). Die Dosierung liegt für Kaninchen und Meerschweinchen bei 6 mg/kg (8). Für Frettchen, Kaninchen und Meerschweinchen werden außerdem 0,25–1 ml der 1–2%igen Lösung angegeben (22).

Lidocain

Dieser Wirkstoff kann für alle Formen der Lokalanästhesie genutzt werden. Es hat einen raschen Wirkeintritt von ca. 5–15 min (1–5 min (19)) und eine Wirkdauer von 30–120 min (21). Lidocain hat eine analgetische Potenz von 4, das bedeutet es ist viermal so wirksam wie Procain (23). Es kann außerdem systemisch als Antiarrhythmikum und als Prokinetikum eingesetzt werden. Dabei muss unbedingt eine Formulierung ohne Sperrkörper genutzt werden und auf das gegebene Gesamtvolumen geachtet werden, um eine Überdosierung zu vermeiden. Nicht zu vergessen ist bei der Berechnung auch das bei der Intubation lokal applizierte Lidocain (7). Es gibt eine für die Tiermedizin zugelassene Injektionslösung (18,19). Die Dosierung liegt für Kaninchen bei 1 mg/kg (24) bzw. 2–5 mg/kg (5,21,25), für Meerschweinchen bei 5–10 mg/kg (5) und für Frettchen bei 1 mg/kg (5,17,26) bzw. 1–2 mg/kg (22,26,27) (max 4–6/kg/Tag (28)).

Mepivacain

Mepivacain hat eine geringere Toxizität als Lidocain, ist diesem aber was den Wirkeintritt (2–30min) und die Wirkdauer (0,5–3h) angeht ähnlich (7,21). Meist wird es zur Leitungs- oder Infiltrationsanästhesie in Konzentrationen von 0,5–2 % genutzt. Mepivacain hat eine analgetische Potenz von 3–4 (23). Derzeit sind keine zugelassenen Tierarzneimittel im Handel erhältlich. Die Dosierung wird für Kaninchen und Meerschweinchen mit 2–5 mg/kg angegeben (8), für Frettchen mit 2 mg/kg (29).

Bupivacain

Das stärkste Lokalanästhetikum vom Amid-Typ (analgetische Potenz von 16 (23)) hat mit ca. 15–45 min zwar einen langsameren Wirkeintritt als Lidocain, die Wirkdauer ist dafür aber mit 6h auch deutlich länger (7,21). Es blockiert selektiv sensible Fasern. Meist werden Konzentrationen von 0,25–0,5 % genutzt. Topisch angewandt ist es nicht ausreichend wirksam, kann aber für die Infiltrationsanästhesie ebenso wie für Leitungsanästhesien genutzt werden (18,19). Derzeit sind keine zugelassenen Tierarzneimittel im Handel erhältlich.

Dosierung werden für Kaninchen mit 1 mg/kg(24), 1–2 mg/kg (21) und 2 mg/kg (8,9,25) angegeben, für Meerschweinchen mit 1–2 mg/kg(21) und 2–5 mg/kg(5) und für Frettchen mit 1 mg/kg (26,29) und 1–2 mg/kg(21) (max. 2 mg/kg/Tag(28)).

Ropivacain

Dieses Lokalanästhetikum wird zur Leitungsanästhesie genutzt und wirkt nach einem Wirkeintritt von 15–45min bis zu 6h (21) (einige AutorInnen sprechen von 12h (7)). Ropivacain hat eine relative Potenz von 14–16 (23). Eingesetzt wird es zur Infiltrationsanästhesie, Epiduralanästhesie und peripheren Nervenblockade. Es betäubt, wie Bupivaicain selektiv sensorische Fasern ist dabei aber etwa halb so kardiotoxisch. Derzeit sind keine zugelassenen Tierarzneimittel im Handel erhältlich (18,19).

Die Dosierung für Kaninchen ist 2 mg/kg (8). Für Meerschweinchen und Frettchen gibt es keine Angaben.

Das Mischen von Lokalanästhetika

Oft wurden in der Vergangenheit Lidocain und Bupivacain miteinander vermischt, in der Hoffnung, die positiven Effekte der Lokalanästhetika zu kombinieren und einen schnelleren Wirkeintritt sowie eine längere Wirkdauer zu erzielen. Das Mischen von Lokalanästhetika ist jedoch umstritten, da sich durch das Mischen der Konzentrationsgradient der einzelnen Lokalanästhetika verringert, der pH-Wert verändert und die Proteinbindung durch die geringere Konzentration schwächer ist (30,31). So ist der Effekt der einzelnen Lokalanästhetika jeweils geringer.

Eine vielversprechendere Mischung ist die aus Lokalanästhetika und Opioiden. In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass der Wirkeintritt schneller erfolgte, Nebenwirkungen reduziert, die Wirkdauer deutlich verlängert, und die Wirkung auf die motorischen Fasern

verringert werden konnten. Oft wird dabei Morphin oder Buprenorphin zu Lidocain gegeben, was zu einer Wirkdauer von bis zu 10h führte (32,33). Eine andere Möglichkeit die Wirkung von Lokalanästhetika zu verlängern, ist die Verwendung von liposomalem Bupivacain oder an eine Matrix gebundene Lokalanästhetika. Dabei wurden Wirkdauern von mehreren Tagen erreicht (7,34).

4.2.3 Nebenwirkungen

Die meisten Nebenwirkungen lassen sich durch ungewollte intravenöse Injektion oder versehentliche starke Überdosierung erklären und können durch vorherige Aspirationsprobe und berechnen der Maximaldosis vermieden werden. Die toxische Dosis scheint dabei für Heimtiere die gleiche wie die für Hunde und Katzen zu sein (5,6).

Vereinzelt kann es nach der Injektion zu lokalen Nebenwirkungen wie allergischen Reaktionen kommen. Diese treten häufiger bei Lokalanästhetika vom Ester-Typ als bei Lokalanästhetika vom Amid-Typ auf (18,19). Die gefäßerweiternde Wirkung der meisten Lokalanästhetika kann bei Injektion ohne Sperrkörper außerdem zum Teil zu einer vermehrten Blutungsneigung im infiltrierten Gebiet führen. Es besteht vor allem bei blinden Leitungsblöcken zudem eine geringe Gefahr, mit der Kanüle den Nerv zu schädigen.

Gelangen zu hohe Konzentrationen durch Resorption oder intravenöse Injektion in die Blutbahn, kommt es in der Regel zunächst zu zentralnervösen Störungen. Diese äußern sich meist in Form von Ruhelosigkeit, Erbrechen, Nystagmus und Tremor (8,21,35).

Bei höherer Überdosierung oder weiterer Gabe des Lokalanästhetikums kann es anschließend zu kardiovaskulären Nebenwirkungen kommen. Am Herzen zeigen sich unerwünschte Wirkungen wie Bradykardie, Arrhythmie, Abnahme der Kontraktionskraft, Abnahme des Herzminutenvolumens und in weiterer Folge Blutdruckabfall bis hin zu Kreislaufversagen (8,19,26,35). Selten kann auch eine Methämoglobinämie vorkommen (19).

Bei Neonaten besteht aufgrund verzögerter Metabolisierung und geringerer Plasmaproteinbindung die Gefahr von vermehrten Nebenwirkungen. Auch bei lebergeschädigten Patienten sollten Lokalanästhetika mit Bedacht gegeben werden, da die Metabolisierung der Lokalanästhetika vom Amid-Typ vermindert sein kann. Bei einer bestehenden Hypoproteinämie ist die Plasmaproteinbindung reduziert ist und Nebenwirkungen können schon bei geringeren Dosen auftreten (19). Ein veränderter Säure-Base-Haushalt kann

ebenfalls zu früherem Einsetzen von Nebenwirkungen führen. So halbiert sich die toxische Dosis von Lidocain, Procain und Bupivacain bei einem pCO₂ von 68–81 mmHg bei Katzen (36). Vorsicht bei der Verwendung von Lokalanästhetika ist außerdem bei Neoplasien und Infektionen oder Entzündungen im zu infiltrierenden Gebiet geboten, da diese für niedrigere pH-Werte und eine vermehrte Vaskularisation sorgen und damit die Wirkung negativ beeinflussen. Zudem kann es zu einer Verschleppung der Infektion durch den Stichkanal hin zum Nerv kommen (8,11,21). Vor der Anwendung der Lokalanästhetika sollte unbedingt die maximale Dosis berechnet und diese keinesfalls überschritten werden. Das ist bei mehreren Blöcken und kleinen Patienten besonders wichtig, da die Gefahr der Überdosierung aufgrund der kleinen Dosen sehr hoch ist (11).

Bei Auftreten von Vergiftungserscheinungen sind zur Unterbrechung der Krämpfe Benzodiazepine i. v. zu geben und unter Umständen eine Schockbehandlung einzuleiten. Gegebenenfalls muss der Patient beatmet werden. Vasovagale Reaktionen können mit der Gabe von Noradrenalin oder Ephedrin therapiert werden. Bei Bradykardien kann Atropin und Glykopyrrolat gegeben werden. Bei schwerer Symptomatik kann ein ‚Lipid Rescue‘-Protokoll eingeleitet werden, bei dem 20%ige Lipidlösung i. v. injiziert wird (6–8,19,21).

Im Folgenden wird auf die besonderen Nebenwirkungen der einzelnen Medikamente eingegangen werden. Die bereits oben genannten unerwünschten Wirkungen gelten für alle der aufgezählten Lokalanästhetika.

Procain

Lösungen über 4 % schädigen das Gewebe (19) und können die Wundheilung durch Hemmung der Mukopolysaccharidsynthese verzögern (37). Bei empfindlichen Patienten oder einer Überdosierung kann es zur Methämoglobinämie kommen (38). Diese führt selten zu einer Zyanose, kann aber bei Eintritt durch Sauerstoffzufuhr und die Gabe von Methylenblau behandelt werden. Wie bei anderen Lokalanästhetika vom Ester-Typ, kann es bei der Verwendung von Procain zu allergischen Reaktionen kommen. Es besteht eine Kreuzallergie zu Sulfonamiden (19). Kardiovaskuläre Effekten können vereinzelt bei Thorakolumbalanästhesien beobachtet werden. Insbesondere subarachnoidale Injektionen können hier z.B. zu Bradykardien führen (19).

Lidocain

Nebenwirkungen sind bei Lidocain ohne versehentliche Überdosierung oder intravenöse Gabe selten. Eine lokale Nebenwirkung im Sinne einer Wundheilungsstörung wird kontrovers diskutiert. Ex vivo konnte an Zellen von Ratten gezeigt werden, dass Lidocain die Kollagensynthese hemmt (37). Gleichzeitig wurde bei einer Studie an Kaninchen keine verzögerte Wundheilung von Inzisionswunden am Abdomen nachgewiesen (39). Eine Studie an Ratten konnte sogar einen positiven Effekt auf die Wundheilung durch Hemmung der Leukozytenaktivität nachweisen (40). Eine neuere Studie bestätigt die verminderte Synthese von Kollagen durch Lidocain, aber zeigte auch eine verminderte Gewebefestigkeit an der Wunde, sowie ein erhöhtes Vorkommen von Ödemen, Vaskularisation und Entzündung im infiltrierten Gebiet. Zu beachten ist, dass Lidocain bei dieser Studie deutlich überdosiert injiziert wurde (41). Zentralnervöse Nebenwirkungen von Lidocain sind Schläfrigkeit, Ataxie, Depression, Schwindel, Übelkeit, Muskelzittern (42) und Orientierungsstörungen (43).

Nebenwirkungen, die das Herz-Kreislaufsystem betreffen, zeigen sich in Form von EKG-Veränderungen wie Verlängerung des PR-Intervalls, des QRS-Komplexes, Verkürzung des QT-Intervalls, Tachykardie bei Patienten mit Vorhofflimmern und Hypotension bei sehr schneller Gabe (43) oder hohen Dosen (44).

Mepivacain

Bei wiederholter Injektion in den Muskel kann es zu Gewebsschädigung und Narbenbildung kommen (45). Es kann bei subkutanen Injektionen zu Ödemen in der Subkutis kommen (46). Die maximale Konzentration liegt hier bei 3 % (ohne Adrenalinzusatz) (47). Nach intraperitonealen Injektionen von 4%igem Mepivacain bei Ratten zeigten 30–50 % der Tubuli im Hoden Schädigungen (48).

Bupivacain

Bupivacain hat wie andere Lokalanästhetika ein gewebsschädigendes Potenzial, das bei gewissenhafter Anwendung aber gering ist (49). Myotoxisch wirkt es vor allem bei kontinuierlicher oder wiederholter Gabe (18,50), in quergestreifter Muskulatur aber auch bereits bei einmaliger Gabe (51). In hohen Dosierungen kann es zudem neurotoxisch wirken (52). Bei einer intraartikulären Injektion von Bupivacain wurde bei Hunden, Pferden und Menschen eine Chondrotoxizität festgestellt und es ist möglich dass diese auch für andere

Tierarten besteht (35). Wiederholte Anwendungen im gleichen Gebiet können zur Abnahme der Wirkdauer führen. Der Grund hierfür ist wahrscheinlich eine lokale Entzündung (19).

Ex vivo konnte mit sehr hohen Konzentrationen eine irreversible Blockade der Natriumkanäle erreicht werden, welche bisher in vivo nicht bestätigt werden konnte (49). Werden in den Subarachnoidalraum große Volumina appliziert, kann es zu neurologischen Ausfällen und histologischen Abnormalitäten kommen (53). Wundheilungsstörungen wurden bislang nur ex vivo nachgewiesen (21).

In der Regel sind zunächst zentralnervöse Störungen wie Muskelzittern, Ohrenzucken, generalisierte Krämpfe, Bewusstlosigkeit und Atemstillstand zu sehen, dann erst treten kardiovaskuläre Effekte auf (21).

Ropivacain

Ropivacain ist weniger kardio- und neurotoxisch als Bupivacain. Es kann schon nach einer einzigen Injektion zur Muskelschädigung kommen, die aber reversibel und nach 30 Tagen nicht mehr histologisch nachweisbar ist (54). Sollte es zu einer Intoxikation kommen, treten zunächst Schwindel und Kopfschmerzen, dann Übelkeit und Erbrechen auf, bevor es zu kardiovaskulären Effekten kommt. (21)

4.3 Equipment

Für die Blöcke am Kopf ist nur wenig Equipment notwendig da sich meist an anatomischen Landmarken orientiert wird. Eine ultraschallgestützte und eine nervenstimulationsgestützte Injektion ist auch am Kopf möglich, wird derzeit aber selten praktiziert, da auch die Orientierung an Knochenpunkten sehr zuverlässig funktioniert.

Natürlich sollte bei jedem Block möglichst sauber gearbeitet werden, sodass Handschuhe bei jeder Technik verwendet werden müssen und der Injektionsbereich geschoren und aseptisch vorbereitet werden sollte, wenn der Zugang perkutan gewählt wird (20). Für den intraoralen Zugang kann ein Maulspreizer hilfreich sein.

Für die ‚blinde‘ Leitungsanästhesie am Kopf wird lediglich eine sehr dünne und kurze hypoderme Nadel (22–30 G, 25 mm lang), eine 1–3 ml Spritze und das Lokalanästhetikum benötigt (8). Einige AutorInnen nutzen zur Infraorbitalblockade gerne einen kleinen

Venenkatheter, da sich dieser schonend durch das Foramen infraorbitale in den Infraorbitalkanal vorschieben lässt (11).

Aufgrund der engen Gegebenheiten haben sich für die Lokalanästhesie beim Heimtier Tuberkulinspritzen mit dünner Kanüle (z.B. 23 G, 0,6 x 16 mm) oder spezielle Zahnarzt-spritzen sowie Dosierhebelspritzen als besonders nützlich erwiesen (55). Letztere können die benötigten sehr kleinen Mengen präzise abgeben und haben im Gegensatz zu den gängigen Einmalkanülen und Spritzen einen geringeren Totraum und einen hohen Injektionsdruck, sodass sie auch sehr gut für die Injektion in den Parodontalspalt genutzt werden können. Die Nadeln der Spitzen sind sehr dünn (30 G) und können selbst beim Heimtier gut in den Parodontalspalt und sogar den Knochen eingeführt werden (9).

Für eine ultraschallgestützte Leitungsanästhesie ist zusätzlich ein Ultraschallgerät mit einer 10–12 MHz Linearsonde (9,20) und eine im Ultraschall sichtbare Kanüle (z.B. Ultraplex® 360) notwendig (9).

Für die nervenstimulationsgestützte Leitungsanästhesie werden ein Nervenstimulator, der eine Frequenz von 0,2–1 Hz sowie eine Stromstärke von 1–2 mA erbringt, und spezielle isolierte 23 G und 35 mm Nervenstimulationsnadeln benötigt (20).

4.4 Relevante Anatomie

Die sensiblen Nerven des Kopfes werden wie bei anderen Säugern durch Äste des *N. trigeminus* gestellt. Im Oberkiefer entspringt aus dem *N. trigeminus* unter anderem der *N. maxillaris* (sensibel) und welcher sich in der *Fossa pterygopalatina* in *N. zygomaticus*, *N. pterygopalatinus* und *N. infraorbitalis* teilt. Der *N. infraorbitalis* tritt durch das *Foramen maxillare* in den *Canalis infraorbitalis* ein (56). Der Austritt des Nerven aus dem Kanal durch das *Foramen infraorbitale* ist bei Kaninchen und Frettchen gut zu palpieren. Der *N. pterygopalatinus* teilt sich in drei weitere Äste: den *N. palatinus major*, *N. palatinus minor* und *N. nasalis caudalis*. Der *N. palatinus major* tritt durch das *Foramen palatinum caudale* in den *Canalis palatinus major* ein und durch das *Foramen palatinum majus* wieder aus (56).

Im Unterkiefer verläuft der für die Innervation der *Mandibula* verantwortliche Teil des *N. trigeminus* nach Austritt aus dem *Foramen ovale* als *N. Mandibularis* (sensibel und motorisch). Er verzweigt sich dann unter anderem als *N. alveolaris inferior*, welcher am *Foramen mandibulae* in den *Canalis mandibulae* eintritt und schließlich als *N. mentalis* aus

dem *Foramen mentale* (Meerschweinchen, Kaninchen) bzw. den *Foramina mentalia* (Frettchen) austritt (17,20,56). Der Verlauf der Nerven ist tierartübergreifend gleich, jedoch unterliegt die Lage der Zahnwurzeln großen tierartlichen Unterschieden, sodass nicht bei allen Tieren mit dem gleichen Block auch die gleichen Bereiche anästhesiert werden (9). Hinzu kommt, dass beim Heimtier die engen Gegebenheiten in der Maulhöhle einige Injektionen erschweren oder gar unmöglich machen (55).

5. Material und Methoden

Um geeignete Literatur zu finden, wurde im Februar und März 2023 eine Literaturrecherche durchgeführt. Dabei wurde auf die Literaturdatenbanken Scopus[©] (Elsevier 2023), PubMed[®] (National Center for Biotechnology Information, NCBI), sowie die wissenschaftlichen Suchmaschinen Google Scholar und den vetmed:seeker (Veterinärmedizinische Universität Wien) zurückgegriffen. Um die Suche einzugrenzen, wurden zuvor Suchbegriffe definiert (siehe Tab. 1) und Bool'sche Operatoren (AND, OR) genutzt, um die Suchbegriffe miteinander zu verknüpfen. Um Wörter mit dem gleichen Wortstamm zu finden, wurden Platzhalter (*) verwendet. In alle Datenbanken und Suchmaschinen wurden die gleichen Begriffe und Operatoren eingegeben. Da die Suche mit Google Scholar jeweils sehr viele Ergebnisse brachte, wurden diese hier nach Relevanz sortiert und nur die ersten fünf Seiten gesichtet. Die Ergebnisse wurden zunächst anhand ihrer Titel und Abstracts ausgewählt und ihr Inhalt im weiteren Verlauf mittels vorher definierter Kriterien (siehe Tab. 2) genauer auf ihren Nutzen für die vorgelegte Arbeit geprüft. Es wurde sowohl deutsche als auch englischsprachige Literatur verwendet. Als Quellen wurden Paper, Bücher und Veröffentlichungen in Fachzeitschriften herangezogen. Ausgeschlossen wurden Publikationen, die nicht in englischer oder deutscher Sprache verfasst wurden, unwissenschaftliche Publikationen wie Blogbeiträge oder Leserbriefe, solche, die keinen Zugriff auf den Volltext gewährt haben und Publikationen, die inhaltlich keinen Mehrwert für die Arbeit darstellten. Die Literaturverzeichnisse der geeigneten Publikationen wurden dann herangezogen, um weitere passende Veröffentlichungen und Originalliteratur zu finden. Des Weiteren wurde die Bibliothek der veterinärmedizinischen Universität vor Ort zur Suche von Büchern herangezogen.

Tabelle 1: Suchbegriffe

Deutsch	Englisch
Lokalanästhesie, Lokale Betäubung	Local anesthesia, local anaesthesia
Infiltrationsanästhesie	Infiltration anesthesia, infiltration anaesthesia, infiltrative anesthesia, infiltrative anaesthesia
Block	Block, nerve block
Kaninchen	Rabbit
Meerschweinchen	Guinea pig
Frettchen	Ferret
Heimtier	Small mammal
Zahnbehandlung	Dental, oral, dental surgery, oral surgery

Tabelle 2: Kriterien für die Auswahl der Quellen

Einschluss	Ausschluss
Literatur in deutscher oder englischer Sprache	Literatur, die nicht in deutscher oder englischer Sprache verfasst ist
Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften, Büchern oder eigenständige Publikationen	Unwissenschaftliche Veröffentlichungen (z.B. Blogbeiträge oder Leserbriefe)
Zugriff auf den Volltext	Kein Zugriff auf den Volltext
Inhaltlich zu der Arbeit passend	Inhaltlich nicht zu der Arbeit passend

6. Ergebnisse

Alle genutzten Datenbanken und Suchmaschinen erzielten relevante Ergebnisse. Die Suche mit Scopus[©] (Elsevier 2023) ergab 93 Ergebnisse, wovon nach Sichtung des Titels und Abstracts zwei als relevant eingestuft wurden. Eine der Veröffentlichungen war zwar relevant, aber nicht auf deutsch oder Englisch und wurde deshalb ausgeschlossen. PubMed[®] (National Center for Biotechnology Information, NCBI) lieferte 141 Ergebnisse, von welchen sechs relevant für diese Arbeit waren. Der vetmed:seeker (Veterinärmedizinische Universität Wien) erzielte 376 Ergebnisse, von welchen neun relevant waren. Die meisten Ergebnisse und gleichzeitig auch die meisten relevanten Veröffentlichungen fand google scholar mit 192.760 Ergebnissen von welchen 95 relevant für diese Arbeit waren. Nach Sichtung des Inhalts und Ausschluss von Duplikationen reduzierten sich die Quellen auf 24 Publikationen und vier Bücher, deren Referenzlisten zur weiteren Suche von relevanter Literatur herangezogen wurden. Aus der Begutachtung dieser fanden sich wiederum 44 weitere relevante Publikationen und Bücher, welche ebenfalls für diese Arbeit genutzt wurden. Fünf Quellen erwiesen sich nach genauerer inhaltlicher Prüfung als nicht relevant, da sie sich zwar mit der Analgesie von Frettchen, Kaninchen oder Meerschweinchen beschäftigten, allerdings nicht mit Lokalanästhesie.

Viele der gewählten Quellen behandeln zwar die Lokalanästhesie beim Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen, geben aber keine konkreten Anweisungen zur Technik, sodass für diesen Teil lediglich 18 Quellen genutzt werden konnten, wovon zwei wiederum die Technik bei Hund und Katze beschreiben. Diese wurden aber dennoch verwendet, da viele AutorInnen insbesondere beim Frettchen, aber auch bei Kaninchen und Meerschweinchen auf die Technik bei Hund und Katze verweisen. Einen Ausschluss aufgrund des Datums der Veröffentlichung gab es nicht.

Die Quellen wurden schließlich in die Zotero Software eingespeist und wichtige Stellen mittels einer Excel-Tabelle sortiert.

6.1 Lokalanästhesie für orale Chirurgie bei Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen

Die gezielte Beschreibung der Anwendung von Lokalanästhesien bei dentalen Prozeduren an Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen steht im Fokus dieses Ergebnisteils. Im Folgenden werden die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich Technik und Umsetzbarkeit bei den

einzelnen Tierarten sofern bekannt präsentiert. Die Ergebnisse liefern einen Überblick über das, was bei Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen bisher beschrieben ist und zeigen die Herausforderungen auf, mit denen man sich insbesondere bei diesen Tierarten konfrontiert sieht. In der Maulhöhle können insgesamt fünf Leitungsblöcke und ein infiltrativer Block gesetzt werden: der *N. maxillaris* Block, der *N. infraorbitalis* Block, der *N. mandibularis* Block bzw. *N. alveolaris inferior* Block, der Block der *Nn. mentales*, der intraligamentäre Block und der *N. palatinus major* Block. Alle Blöcke werden unter Sedation oder Allgemeinanästhesie gesetzt.

6.1.1 *N. Maxillaris* Block

Dieser Block desensibilisiert die Maxilla, die Molaren und Prämolaren des Oberkiefers, die Gingiva des Oberkiefers, die Mundschleimhaut im Oberkiefer, Teile der Nasenschleimhaut und der Haut (11).

Der Zugang kann intraoral, durch den Infraorbitalkanal oder extraoral gewählt werden, wobei der Zugang durch den Infraorbitalkanal in einer Kadaverstudie am Hund mehr Erfolg gezeigt hat (57). Leider ist der intraorale Zugang bei Heimtieren durch die engen Verhältnisse äußerst schwierig durchzuführen, sodass meist der extraorale Zugang gewählt wird (17).

Beim extraoralen Zugang wird sich am *Arcus zygomaticus* orientiert und die Nadel direkt ventral davon und caudal des lateralen Cantus des Auges Richtung *Fossa pterygopalatina* vorgeschoben, bis sie auf den Knochen stößt. Die Nadel wird dann ein wenig zurückgezogen und nach der Aspirationsprobe das Lokalanästhetikum injiziert (25).

Soll die Nervenblockade ultraschallgestützt durchgeführt werden, muss der Ultraschallkopf auf das Oberlid platziert werden, sodass der Augapfel gut dargestellt wird. Die Nadel wird wie oben beschrieben vorgeschoben. Im Ultraschall kann die Nadel nicht dargestellt werden, aber die Verteilung des Lokalanästhetikums ist zu sehen (25).

Der Zugang durch den Infraorbitalkanal, auch kaudaler Infraorbitalisblock genannt, wird im Absatz ‚*N. infraorbitalis* Block‘ beschrieben.

Dieser Block wird von Lichtenberger und d’Ovidio unter dem Überbegriff ‚kleine Säugetiere‘ erläutert (17,20). Otero beschreibt den Block explizit für das Kaninchen (25).

6.1.2 *N. infraorbitalis* Block

Der *N. infraorbitalis* Block betäubt Backen- und Schneidezähne des Oberkiefers, den harten und weichen Gaumen, die Oberlippe und die Schleimhaut. Dabei hängt die Ausdehnung der Betäubung davon ab, wie weit kaudal der Block gesetzt wurde (9,58).

In großen Kaninchen und Frettchen kann ein kaudaler Infraorbitalisblock (Einführen der Nadel in den Infraorbitalkanal) versucht werden (17). Durch die engen Gegebenheiten muss meist auf einen extraoralen Zugang zurückgegriffen werden. Der rostrale Eingang des Kanals (*Foramen infraorbitale*) befindet sich beim Kaninchen dorsal des ersten Prämolaren, beim Meerschweinchen dorsal des ersten Molaren und beim Frettchen dorsal des dritten Prämolaren (59–61). Es liegt etwa 5–12 mm dorsal des jeweiligen Zahns bzw. 4–10 mm dorsal des *Tuber faciale* auf der lateralen Seite des Oberkiefers (17,20,29). Eine gedachte Linie vom *Processus lacrimalis* zum *Tuber faciale* auf welcher sich das *Foramen infraorbitale* mittig befindet, kann zur Orientierung hilfreich sein (8). Die Nadel wird perkutan eingeführt. Wichtig ist besonders beim Kaninchen eine horizontale und tangentielle Stichrichtung, um nicht durch den trabekulären Knochen in die Nasenhöhle zu kommen. Beim Meerschweinchen ist zu beachten, dass das *Foramen infraorbitalis* durch den Masseter bedeckt und daher nur schwer zu palpieren ist (9). Nach der Aspirationsprobe wird mit dem Finger von außen Druck auf das rostrale Ende des Kanals ausgeübt und das Lokalanästhetikum langsam injiziert (17). Bei kleineren Kaninchen und Meerschweinchen kann es schwierig sein, eine Nadel oder einen Venenkatheter in den *Canalis infraorbitalis* einzuführen, sodass die Nadel am rostralen Ende des Kanals positioniert und das Lokalanästhetikum nach Aspirationsprobe mit digitalem Druck auf die Injektionsstelle Richtung Infraorbitalkanal injiziert wird (11,17).

Der *N. infraorbitalis* Block wird von Lichtenberger, d'Ovidio und Lafferty für kleine Säugetiere zusammengefasst beschrieben (17,20,29), Gabriel und Böhmer gehen auf Kaninchen und Meerschweinchen einzeln ein (8,9,55), Lennox beschreibt den Block konkret für das Kaninchen (58).

6.1.3 *N. alveolaris inferior* Block

Der *N. alveolaris inferior* ist ein Ast des *N. mandibularis*. Er tritt medial am Unterkieferknochen in das bei größeren Tieren gut palpierbare *Foramen mandibulae* ein (58). Mit dem *N. alveolaris inferior* Block werden der Unterkieferknochen, die Unterkieferzähne,

die Unterlippe sowie die Schleimhaut in dem Bereich betäubt (20,58). Da es im Unterkiefer viel kollaterale Innervation gibt, kann selbst bei korrekter Anwendung kein kompletter Block gewährleistet werden (11). Beim Heimtier ist der intraorale Zugang aufgrund der engen Verhältnisse nicht möglich (58). Der extraorale Zugang ist zwar möglich, es ist aber darauf zu achten, dass es zu einer vorübergehenden Zungenlähmung kommen kann, wodurch die postoperative Nahrungsaufnahme erschwert ist und es zu schweren Verletzungen kommen kann (9). Zudem sind in direkter Umgebung Gefäße und Nerven des Gesichts angesiedelt (58). Einige AutorInnen bevorzugen dennoch diesen Block gegenüber dem *Nn. mentales* Block, da letzterer keine ausreichende Anästhesie generiert, weil bei Kaninchen und Meerschweinchen die Wurzeln der Inzisivi sehr weit kaudal liegen (20).

Beim extraoralen Zugang wird das *Foramen mandibulae* mit dem Finger im Maul palpirt. Dieses liegt beim Kaninchen etwa 10 mm über der *Inzisura mandibulae* kaudal des dritten Molaren (62), beim Meerschweinchen ebenfalls kaudal des letzten Molaren etwa mittig auf der lingualen Seite des Unterkieferknochens (8,17). Die Nadel wird anschließend perkutan von ventral Richtung rostradorsal durch den *M. pterygoideus medius* medial am Knochen entlang vorgeschoben, bis sie mit dem Finger der am *Foramen mandibulae* liegt palpirt werden kann (20,25). Wenn das Tier zu klein ist, kann der extraorale Zugang auch ohne den leitenden Finger in der Maulhöhle erfolgen.

Nach Aspirationsprobe kann das Lokalanästhetikum injiziert werden und gegebenenfalls mit dem Finger in der Maulhöhle durch leichte Massage etwas verteilt werden.

Es ist auch eine nervenstimulationsgeführte Technik möglich. Die Nadel wird dabei auf Höhe des Kiefergelenks eingeführt und in rostromediale Richtung geführt. Die Kontraktion der Kaumuskulatur zeigt die richtige Lage an (25).

Dieser Block wird von Lichtenberger, d'Ovidio und Lafferty unter dem Überbegriff ‚kleine Säugetiere‘ zusammengefasst beschrieben (17,20,29). Böhmer geht auf das Kaninchen und Meerschweinchen genauer ein (8).

6.1.4 *Nn. mentales* Block

Welche Teile des Unterkiefers betäubt werden, hängt stark davon ab, auf welcher Höhe die *Nn. mentales* blockiert werden. Handelt es sich um einen mittleren Mentalisblock, bei dem das Lokalanästhetikum im Bereich des mittleren *Foramen mentale* injiziert wird, werden vor allem

die Lippe und Schleimhaut in diesem Bereich sowie beim Meerschweinchen ein Teil der vorderen Zunge betäubt. Sollen auch die Zähne betäubt werden, muss das Lokalanästhetikum in den Mandibularkanal injiziert werden. Beim Meerschweinchen liegen die Inzisiviwurzeln allerdings so weit caudal, dass diese trotz Injektion in den *Canalis mandibulae* nicht ausreichend betäubt werden (9,11,55). Eine Studie an Hunden zeigte, dass der Mentalisblock keine ausreichende Desensitivierung für dentale Prozeduren bietet, auch wenn das Lokalanästhetikum in den Mandibularkanal verabreicht wird (63). Für kleinere, wenig schmerzhaft eingriffe wie kleine Wundversorgungen an der Lippe oder Biopsien kann der *N. mentalis* Block genutzt werden, für alle anderen sollte eher auf den *N. alveolaris inferior* Block zurückgegriffen oder beide in Kombination genutzt werden (11).

Die *Nn. mentales* sind Äste des *N. mandibularis*, welche den Mandibularkanal durch das *Foramen mentale* lateral an der Mandibula verlassen. Dieses befindet sich beim Kaninchen ca. 2–4 mm rostral des ersten Prämolaren im dorsalen Drittel der Mandibula auf der bukkalen Seite, bei Meerschweinchen ebenfalls rostral des ersten Prämolaren aber etwa mittig auf der Mandibula (8,17). Hier können die *Nn. mentales* durch lokale Infiltration oder durch vorsichtiges Vorschieben der Nadel in den Mandibularkanal und anschließendem Fingerdruck auf das *Foramen mentale* während der Injektion geblockt werden (9,17,20,58).

Lichtenberger, d'ovidio und Lafferty beschreiben diesen Block für kleine Säugetiere zusammengefasst (17,20,29), Böhmer und Gabriel gehen auf Besonderheiten bei Kaninchen und Meerschweinchen einzeln ein (8,9,55), Lennox beschreibt den Block beim Kaninchen (58).

6.1.5 *N. palatinus major* Block

Der *N. palatinus major* innerviert die Schleimhaut des harten Gaumens sensibel (56). Er kann bei Austritt aus dem *Canalis palatinus major* ein am *Foramen palatinum majus* geblockt werden (17,29). Dieses befindet sich beim Kaninchen auf Höhe des dritten Prämolaren mittig zwischen dem Zahn und der Mittellinie des harten Gaumens (64).

Dieser Block wird für keine der betrachteten Tierarten gesondert behandelt, sondern von Lafferty und Lichtenberger als kleine Säugetiere gemeinsam aufgeführt (17,29).

6.1.6 Intraligamentärer Block

Eine gute Möglichkeit um gerade beim Meerschweinchen und Kaninchen auch die Wurzeln der Inzisivi ausreichend zu betäuben ist der intraligamentäre Block (8), welcher eine Sonderform der Infiltrationsanästhesie darstellt (9).

Dabei wird das Lokalanästhetikum mit hohem Druck direkt in den Parodontalspalt gegeben, wo es dann bis zur Wurzel diffundiert (8). Gut geeignet sind dafür die im Teil ‚Equipment‘ bereits beschriebenen Dosierhebelspritzen mit sehr kleinen Injektionsnadeln (30G). Da ihr Zahnfach etwas weiter ist, wird beim Kaninchen und Meerschweinchen pro Zahn ein Volumen von ca. 0,2 ml des Lokalanästhetikums (hier muss gegebenenfalls verdünnt werden!) injiziert, beim Frettchen ca. 0,1 ml (8,65). Dafür wird die Nadel etwa 2–4 mm in das Desmodont eingeführt und das Lokalanästhetikum appliziert (8). Vorteile des intraligamentären Blocks sind die ausbleibende Taubheit der Zunge und anderer unerwünschter Strukturen sowie die relativ sichere Form der Schmerzausschaltung, da es weniger Anästhesieversager bei dieser Technik gibt (65).

Dieser Block ist von Böhmer und Gabriel nur für das Kaninchen und Meerschweinchen beschrieben (8,9,55).

7. Diskussion

Ziel der Arbeit war es, einen Überblick über die bisher beschriebenen Techniken der Lokalanästhesie für dentale Prozeduren bei Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen zu geben. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem für Kaninchen und Meerschweinchen Erfahrungsberichte und Beschreibungen der Injektionstechnik vorliegen. Insbesondere das Frettchen wird in der Literatur vernachlässigt und es wird auf die Katze verwiesen, da die Injektionstechnik, der der Katze gleichen soll. In vielen Fällen werden die einzelnen Spezies und die möglichen Unterschiede in Anatomie und Technik nicht näher beschreiben, sondern unter dem Begriff kleine Säugetiere zusammengefasst.

In der raren Literatur, die sich mit der Lokalanästhesie bei Kaninchen, Meerschweinchen oder Frettchen beschäftigt, wird meist beschrieben, dass dentale Blöcke möglich und anzuraten sind, ohne aber eine konkrete Anleitung zu geben. Teilweise werden nur zwei bis drei der sechs möglichen Blöcke beschrieben. Besonders uneinig sind sich die AutorInnen beim Setzen des *N. alveolaris inferior* Blocks beim Kaninchen und Meerschweinchen. Während viele keinerlei Bedenken äußern und diesen sogar gegenüber dem *Nn. mentales Block* empfehlen, rät Gabriel mehrfach wegen der Gefahr der Zungenlähmung von dem Block ab. Gabriel beschreibt jedoch nicht den Einsatz von Ropivacain, sondern lediglich von Bupivacain und vor allem Lidocain. Ropivacain wirkt am stärksten selektiv an sensorischen Fasern, sodass die Gefahr einer Zungenlähmung damit minimiert werden könnte und gleichzeitig die Wurzeln der Inzisivi erfasst werden könnten. Eine andere Lösung zur Betäubung der Inzisivi schlägt Gabriel mit dem intraligamentären Block selbst vor (9,55).

Eine hohe Varianz gab es bei den Angaben zur Dosierung. Diese orientieren sich oft an Dosierungen für Hund und Katze, einige AutorInnen haben aber andere Erfahrungswerte sodass teilweise die vier- bis sechsfache Dosis empfohlen wird. Für Lidocain empfiehlt Hawkins ohne Angabe der genaueren Spezies beispielsweise eine Dosierung von weniger als 4 mg/kg(6), Gabriel und Böhmer weniger als 5 mg/kg (8,55), die GV-SOLAS für Kaninchen 2–4 mg/kg (28), für Frettchen max. 4–6 mg/kg/Tag (28), Barter und Otero empfehlen 2 mg/kg (25,66) und Flecknell, Lichtenberger, Fisher und Petritz eine Dosierung von 1 mg/kg (5,17,24,26). Bei Bupivacain gibt es ähnliche Schwankungen in der Dosierungsangabe. Gabriel, Böhmer, Otero und Hawkins empfehlen weniger als 2 mg/kg (6,8,9,25), Johnston weniger als 1,5 mg/kg (14). Barter, Flecknell und Lichtenberger

raten zu Dosen von 1 mg/kg (5,17,66), Petritz und Johnson-Delaney explizit für das Frettchen ebenfalls (26,67). Die GV-SOLAS empfiehlt für Kaninchen 0,5–2 mg/kg und für Frettchen max. 2 mg/kg/Tag (28).

Auch beim Wirkeintritt der einzelnen Medikamente sind die Meinungen der AutorInnen gespalten. So beschreiben einige AutorInnen z.B. einen fünfmal langsameren Wirkeintritt von Lidocain (Gabriel & Böhmer 5–10min, Eberspächer-Schweda 1–3min, Grubb 1–2min (7–9,21)) oder einen viermal langsameren Wirkeintritt von Bupivacain (Lemke 20–30min, Eberspächer-Schweda 5–15min, Grubb 5–10min) (7,18,21). Auch die Angabe der Wirkdauer unterscheidet sich. So wird beispielsweise für Lidocain eine Wirkdauer von 60–120min (Gabriel, Lemke, Grubb, Böhmer (7,8,18,55)) und 30–120min (Eberspächer-Schweda (21)) angegeben, für Bupivacain 3–6h (Eberspächer-Schweda, Böhmer (8,21)), 3–8h (Gabriel (9,55)), 4–6h (Lemke (18)) und teils sogar 4–12h (Grubb (7)). Unterschiede in der Zeit bis zum Wirkeintritt und Wirkdauer sind natürlich z.T. auf individuelle Unterschiede in der Vaskularisation des Gebiets, Vasokonstriktion oder -dilatation durch die Prämedikation/Einleitung, Dosierung des Lokalanästhetikums und Erfahrung des Anwenders selbst zurückzuführen. Derartig große Unterschiede in den Angaben spielen in der Praxis aber eine wichtige Rolle, da die Lokalanästhesie präemptiv eingesetzt werden soll und entsprechend früh gegeben werden muss. Auch soll die Wirkung mindestens über gesamte Dauer des Eingriffs, oft sogar etwas darüber hinaus, bestehen. Bei größeren Eingriffen muss also gegebenenfalls nachgespritzt werden, ohne die Eliminationsdauer zu unterschreiten und damit die toxische Dosis zu überschreiten. Wann eine erneute Injektion erfolgen sollte, kann somit nur geschätzt oder anhand der Schmerzreaktion ausgemacht werden, was dem Ziel der Lokalanästhesie einer durchgehenden Schmerzfreiheit widerspricht.

Abweichungen ergaben sich außerdem in der Angabe des betäubten Gebietes. So geben beispielsweise Lichtenberger und Lennox an, dass der *N. infraorbitalis* Block die Inzisivi des Oberkiefers, die Oberlippe und anliegendes Weichteilgewebe betäubt (17,58), d'Ovidio beschreibt eine Betäubung des gesamten Oberkiefers inklusive der Zähne des Oberkiefers (20), Gabriel berichtet von einer Betäubung der Backen- und Schneidezähne des Oberkiefers sowie der Oberlippe und des vorderen Gaumens (9,55).

Dies ist nach Meinung der Autorin zum einen darauf zurückzuführen, dass der Block möglicherweise unterschiedlich gesetzt wurde und die entsprechenden Nerven damit auf

unterschiedlicher Höhe blockiert wurden. Zum anderen darauf, dass es sich aus Mangel an Studien um Erfahrungsberichte handelt, die mit der Anatomie der Tiere abgeglichen werden. Schwierigkeiten ergaben sich während der Erstellung dieser Arbeit bereits bei der Suche der Literatur. Bei der Verwendung der Literaturdatenbanken reduzierte sich die Anzahl der Ergebnisse durch den Einsatz von Operatoren und damit der Verwendung mehrerer Suchbegriffe meist drastisch. Die gelieferten Ergebnisse waren dennoch nur selten inhaltlich zu gebrauchen. Die Suche mit Hilfe des Schneeballsystems erwies sich dabei als erfolgsversprechender. Da dadurch die Gefahr besteht, neuste Studien zu übersehen, hat die Autorin beide Methoden verwendet, um an geeignete Literatur zu gelangen.

Die inhaltlich geeignete Literatur stellt leider fast ausschließlich Erfahrungsberichte einzelner AutorInnen dar, weshalb sich die Angaben teilweise stark unterscheiden. Zudem berufen sich viele VerfasserInnen auf einige wenige Paper, sodass selbst wenn mehr Literatur vorhanden ist, alles auf wenige Quellen zurückgeht, die ebenfalls Erfahrungswerte beschreiben. Für keines der besprochenen Tiere liegen Studien vor, die qualitativ und quantitativ bewerten welche Dosierung notwendig ist und wo die toxische Dosis der eingesetzten Medikamente liegt, obwohl viele der Tiere als Schmerzmodelle und Frettchen und Kaninchen sogar als beliebtes Zahnmodell in der Forschung genutzt werden. Vielmehr orientieren sich die AutorInnen an den Dosierungsangaben für Hund und Katze und gleichen diese mit ihrer Erfahrung ab. Lediglich für den N. alveolaris inferior Block beim Kaninchen liegt eine Studie zur Wirksamkeit des Blocks und der Lage des *Foramen mandibulae* vor.

Weitere Studien wären im Bereich der Lokalanästhesie beim Kaninchen, Meerschweinchen und Frettchen also dringend notwendig. So wären genaue Angaben der Minimal- und Maximaldosis sowie der toxischen Dosis wichtig. Auch der genaue Wirkeintritt und die Wirkdauer sind für diese Spezies noch nicht beschrieben. Derzeit geht man davon aus, dass diese denen von Hund und Katze gleicht. Techniken zum Setzen der Blöcke könnten in zukünftigen Studien überprüft und verbessert und die einzelnen Tierarten in Hinblick auf ihre unterschiedliche Anatomie gesondert beschrieben werden.

Leider zeigt die geringe Studienlage, dass Heimtiere und Exoten immer noch nicht auf dem gleichen Niveau schmerzabgedeckt werden wie Hunde und Katzen.

8. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: SUCHBEGRIFFE.....	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
TABELLE 2: KRITERIEN FÜR DIE AUSWAHL DER QUELLEN	17

9. Literaturverzeichnis

1. Flecknell PA. Analgesia of Small Mammals. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract.* Januar 2001;4(1):47–56.
2. Lascelles BDX, Capner CA, Waterman-Pearson AE. Current British veterinary attitudes to perioperative analgesia for cats and small mammals. *Vet Rec.* November 1999;145(21):601–4.
3. Brodbelt DC, Blissitt KJ, Hammond RA, Neath PJ, Young LE, Pfeiffer DU, u. a. The risk of death: the Confidential Enquiry into Perioperative Small Animal Fatalities. *Vet Anaesth Analg.* September 2008;35(5):365–73.
4. Wenger S. Anesthesia and Analgesia in Rabbits and Rodents. *J Exot Pet Med.* Januar 2012;21(1):7–16.
5. Flecknell P. Analgesics in Small Mammals. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract.* Januar 2018;21(1):83–103.
6. Hawkins MG, Pascoe PJ. Anesthesia, Analgesia, and Sedation of Small Mammals. In: *Ferrets, Rabbits, and Rodents.* Elsevier; 2012. S. 429–51.
7. Grubb T, Lobprise H. Local and regional anaesthesia in dogs and cats: Overview of concepts and drugs (Part 1). *Vet Med Sci.* Mai 2020;6(2):209–17.
8. Böhmer E. Anesthesia and Analgesia. In: *Dentistry in Rabbits and Rodents.* Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015. S. 90–106.
9. Gabriel S. *Praxisbuch Zahnmedizin beim Heimtier.* 2., aktualisierte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2022. 248 S.
10. Conzemius MG, Brockman DJ, King LG, Perkowski SZ. Analgesia in Dogs After Intercostal Thoracotomy: A Clinical Trial Comparing Intravenous Buprenorphine and Interpleural Bupivacaine. *Vet Surg.* Juli 1994;23(4):291–8.
11. Castejón-González AC, Reiter AM. Locoregional Anesthesia of the Head. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* November 2019;49(6):1041–61.
12. Meredith A. Rabbit Dentistry. *Eur J Companion Anim Pract.* 2007;17(1):55–62.

13. Henke J, Faltermeier C, Erhardt W. Tierärztliche Praxis: Kleintiere, Heimtiere. Anästh Analg Euthan Bei Kleinen Heimtieren. 2002;394–7.
14. Johnston MS. Clinical Approaches to Analgesia in Ferrets and Rabbits. *Semin Avian Exot Pet Med.* Oktober 2005;14(4):229–35.
15. Van Zeeland Y, Schoemaker N. Pain Recognition in Ferrets. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract.* Januar 2023;26(1):229–43.
16. Reijgwart ML, Schoemaker NJ, Pascuzzo R, Leach MC, Stodel M, De Nies L, u. a. The composition and initial evaluation of a grimace scale in ferrets after surgical implantation of a telemetry probe. *Staffieri F, Herausgeber. PLOS ONE.* 13. November 2017;12(11).
17. Lichtenberger M, Ko J. Anesthesia and Analgesia for Small Mammals and Birds. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract.* Mai 2007;10(2):293–315.
18. Lemke KA, Dawson SD. Local and Regional Anesthesia. *Vet Clin Small Anim Pract.* 2000;30(4):839–57.
19. Löscher W, Richter A, Herausgeber. Lokalanästhetika. In: *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin.* 4., vollständig überarbeitete Auflage. Enke Verlag; 2016. S. 180–7.
20. d’Ovidio D, Adami C. Locoregional Anesthesia in Exotic Pets. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract.* Mai 2019;22(2):301–14.
21. Eberspächer-Schweda E, Herausgeber. AnästhesieSkills. In: *AnästhesieSkills.* 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2020.
22. Emmerich IU, Hein J, Herausgeber. Dosierungsvorschläge. In: *Dosierungsvorschläge für Arzneimittel bei Kleinnagern, Kaninchen und Frettchen und Igel.* 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2018.
23. Kochs E, Adams HA, Spies C. 3.6 Lokalanästhetika. In: *Anästhesiologie.* 2., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014.
24. Fisher PG. Standards of Care in the 21st Century: The Rabbit. *J Exot Pet Med.* Januar 2010;19(1):22–35.
25. Otero, Pablo P Diego. *Manual of small animal regional anesthesia: Illustrated anatomy for nerve stimulation and ultrasound-guided nerve blocks.* 2. Editorial Inter-Medica; 2019. 448 S.
26. Petritz OA, De Matos R. Treatment of Pain in Ferrets. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract.* Januar 2023;26(1):245–55.
27. Morrisey JK, Johnston MS. Ferrets. In: *Exotic Animal Formulary.* Elsevier; 2018. S. 532–57.

28. Arras M, Becker K, Bergadano A, Durst M, Eberspächer-Schweda E, Fleischmann T, u. a. Schmerztherapie bei Versuchstieren. 2020;75.
29. Lafferty K, Cital SJ, Goldberg ME. Analgesia in Exotic Animals. In: Goldberg ME, Herausgeber. Pain Management for Veterinary Technicians and Nurses. 1. Aufl. Wiley; 2014. S. 216–62.
30. Ribotsky B, Berkowitz K, Montague J. Local anesthetics. Is there an advantage to mixing solutions? J Am Podiatr Med Assoc. 1. Oktober 1996;86(10):487–91.
31. Lawal FM, Adetunji A. A comparison of epidural anaesthesia with lignocaine, bupivacaine and a lignocaine-bupivacaine mixture in cats. J S Afr Vet Assoc. 28. Mai 2009;80(4):243–6.
32. Bazin JE, Massoni C, Bruelle P, Fenies V, Groslier D, Schoeffler P. The addition of opioids to local anaesthetics in brachial plexus block: the comparative effects of morphine, buprenorphine and sufentanil. Anaesthesia. September 1997;52(9):858–62.
33. Candido K, Winnie A, Ghaleb A, Fattouh M, Franco C. Buprenorphine added to the local anesthetic for axillary brachial plexus block prolongs postoperative analgesia. Reg Anesth Pain Med. März 2002;27(2):162–7.
34. Wang CF, Djalali AG, Gandhi A, Knaack D, De Girolami U, Strichartz G, u. a. An Absorbable Local Anesthetic Matrix Provides Several Days of Functional Sciatic Nerve Blockade. Anesth Analg. März 2009;108(3):1027–33.
35. DiGeronimo PM, Da Cunha AF. Local and Regional Anesthesia in Zoological Companion Animal Practice. Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract. Januar 2022;25(1):321–36.
36. Englesson S. The Influence of Acid-Base Changes on Central Nervous System Toxicity of Local Anaesthetic Agents I: An Experimental Study in Cats. Acta Anaesthesiol Scand. Juni 1974;18(2):79–87.
37. Drucker M, Cardenas E, Arizti P, Valenzuela A, Gamboa A. Experimental Studies on the Effect of Lidocaine on Wound Healing. World J Surg. 1. April 1998;22(4):394–8.
38. Galmarini D, Corchs JL, Bueno EJ, Salgado AS. Methemoglobinemia due to intravenous procaine. Acta Physiol Lat Am. 1970;20(2):130–4.
39. Vasseur PB, Paul HA, Dybdal N, Crumley L. Effects of local anesthetics on healing of abdominal wounds in rabbits. Am J Vet Res. 1984;(45(11)):2385–8.
40. Eriksson AS, Sinclair R, Cassuto J, Thomsen P. Influence of lidocaine on leukocyte function in the surgical wound. Anesthesiology. 1992;(77 (1)):74–8.
41. Hancı V, Hakimoğlu S, Özaçmak H, Bektaş S, Özaçmak HS, Özdamar ŞO, u. a. Comparison of the Effects of Bupivacaine, Lidocaine, and Tramadol Infiltration on Wound

Healing in Rats. *Braz J Anesthesiol*. November 2012;62(6):799–810.

42. Plumb DC. *Veterinary Drug Handbook*. 3. White Bear Lake (USA); 1999. 853 S.
43. Tilley LP. *EKG bei Hunde und Katzen: Grundlagen, Auswertung und Therapie*. 2. Hannover: Schlütersche GmbH & Co. KG; 1997. 483 S.
44. Miller MS, Tilley LP, Smith FWK. Cardiopulmonary Disease in the Geriatric Dog and Cat. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. Januar 1989;19(1):87–102.
45. Basson MD, Carlson BM. Myotoxicity of single and repeated injections of mepivacaine (Carbocaine) in the rat. *Anesth Analg*. 1980;59(4):275–82.
46. Holroyd SV, Watts DT. Production of edema in rats by local anesthetics. *J Dent Res*. 1963;42:686–92.
47. Henn F, Brattsand R. Some pharmacological and toxicological properties of a new long-acting local analgesic, LAC-43 (marcaine), in comparison with mepivacaine and tetracaine. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1966;21:9–30.
48. Banhawy MA, Rashed RM, Bowler K, Stacey MJ. The effect of a single injection of mepivacaine hydrochloride on spermatogenesis in the rat. *J Reprod Fertil*. 1977;51(2):477–9.
49. Khursheed RM, Steffey EP. Local anesthetics. In: *Veterinary pharmacology and therapeutics*. 8. Aufl. Ames (USA): Iowa State University Press; 2001. S. 345–52.
50. Hogan Q, Dotson R, Erickson S, Kettler R, Hogan K. Local anesthetic myotoxicity: a case and review. *Anesthesiology*. 1994;80(4):942–7.
51. Kytä J, Heinonen E, Rosenberg PH, Wahlström T, Gripenberg J, Huopaniemi T. Effects of repeated bupivacaine administration on sciatic nerve and surrounding muscle tissue in rats. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1986;30(8):625–9.
52. Skarda RT, Tranquilli WJ. Local anesthetics. In: *Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 4. Aufl. Iowa (USA): Blackwell Publishing; 2007. S. 395–418.
53. Liu PL, Feldman HS, Giasi R, Patterson MK, Covino BG. Comparative CNS toxicity of lidocaine, etidocaine, bupivacaine, and tetracaine in awake dogs following rapid intravenous administration. *Anesth Analg*. 1983;62(4):375–9.
54. Amaniti E, Drampa F, Kouzi-Koliakos K, Kapoukranidou D, Pourzitaki C, Tsalie E, u. a. Ropivacaine myotoxicity after single intramuscular injection in rats. *Eur J Anaesthesiol*. Februar 2006;23(2):130–5.
55. Gabriel S. Lokalanästhesie am Kopf beim Heimtier. *Kleintier Konkret*. März 2018;21(S 01):22–5.
56. Salomon FV, Geyer H, Gille U, Herausgeber. N. trigeminus (V). In: *Anatomie für die*

Tiermedizin. 4., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag; 2020.

57. Viscasillas J, Seymour CJ, Brodbelt DC. A cadaver study comparing two approaches for performing maxillary nerve block in dogs. *Vet Anaesth Analg*. März 2013;40(2):212–9.
58. Lennox AM. Clinical Technique: Small Exotic Companion Mammal Dentistry—Anesthetic Considerations. *J Exot Pet Med*. April 2008;17(2):102–6.
59. Gabriel S, Herausgeber. Anatomie des Meerschweinchens. In: *Praxisbuch Zahnmedizin beim Heimtier*. 2., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2022.
60. Salomon FV, Geyer H, Gille U, Herausgeber. Anatomische Besonderheiten beim Frettchen (*Mustela putorius furo*). In: *Anatomie für die Tiermedizin*. 4., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag; 2020.
61. Gabriel S, Herausgeber. Anatomie des Kaninchens. In: *Praxisbuch Zahnmedizin beim Heimtier*. 2., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag KG; 2022.
62. Yong-Di L, Zheng-Long T, Jian-Qin T, Dong-Xiang W, You-Li C. Anatomy of the Inferior Alveolar Nerve in Rabbits and its Block Anesthesia. *Int J Oral Dent Health*. 30. April 2018;4(1).
63. Krug W, Losey J. Area of Desensitization following Mental Nerve Block in Dogs. *J Vet Dent*. September 2011;28(3):146–50.
64. Salomon FV, Geyer H, Gille U, Herausgeber. Zähne des Kaninchens. In: *Anatomie für die Tiermedizin*. 4., aktualisierte Auflage. Georg Thieme Verlag; 2020.
65. Eickhoff M, Herausgeber. Lokalanästhesie. In: *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde bei Klein- und Heimtieren*. 1. Auflage. Enke Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co KG; 2005.
66. Barter LS. Rabbit Analgesia. *Veterinary Clin North Am Exot Anim Pract*. Januar 2011;14(1):93–104.
67. Johnson-Delaney CA. *Ferret medicine and surgery*. Boca Raton (Fla.): CRC press; 2017.