

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

– Plastische Operationen –

der Universitätsmedizin Mainz

Wissensstand deutscher Zahnärzte zur Schädigung des Nervus alveolaris inferior und des Nervus lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

der Universitätsmedizin

der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Sussan Ahmadi

Mainz, 2022

Wissenschaftlicher
Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

12. Juli 2022

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	3
1 Einleitung.....	5
1.1 Zielsetzung der Dissertation	6
2 Literaturdiskussion	8
2.1 Anatomie des N. alveolaris inferior und N. lingualis.....	8
2.2 Injektionstechnik bei der Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis	10
2.3 Komplikationen bei der zahnärztlichen Lokalanästhesie.....	11
2.3.1 Systemische Komplikationen.....	11
2.3.2 Lokale Komplikationen	13
2.4 Klassifikation nach Seddon und nach Sunderland	13
2.5 Inzidenz der Nervenschädigung.....	15
2.6 Symptome und Beeinträchtigung der Lebensqualität.....	17
2.7 Ätiologie der Nervenschädigungen durch eine Leitungsanästhesie.....	18
2.7.1 Mögliche Ursachen.....	18
2.7.2 Risikofaktoren.....	21
2.8 Diagnosemethoden und Therapie	24
2.9 Funktionsstörung aufgrund anderer Ursachen	30
3 Methodik.....	33
3.1 Befragung der Zahnärzte/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen.....	33
3.1.1 Durchführung	34
3.1.2 Fragebogen.....	35
4 Ergebnisse	37
4.1 Beschreibung des Kollektivs	37
4.2 Häufigkeit der durchgeführten Leitungsanästhesien und der assoziierten Funktionsstörungen.....	38
4.2.2 Leitungsanästhesie-assoziierte Funktionsstörungen.....	38
4.3 Wissensstand über mögliche Risikofaktoren sowie Ursachen	40
4.3.1 Mögliche Risikofaktoren einer Nervenschädigung.....	40
4.3.2 Einschätzung der Ursachen nach der Häufigkeit.....	42
4.3.3 Toxizität der Lokalanästhetika.....	43
4.4 Symptomatik bei einer Schädigung am N. alveolaris inferior oder N. lingualis.....	44
4.5 Diagnosemethoden bei Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior oder N. lingualis....	47
4.6 Therapie.....	50
4.6.1 Eigenständige Therapie versus Überweisung an einen/eine Spezialisten/ -in	50

4.6.2	Zeitabstände der Verlaufskontrollen.....	51
4.6.3	Medikamentöse Therapie	52
4.6.4	Dokumentation	53
4.7	Behandlung von Funktionsstörungen aufgrund anderer Ursachen	53
5	Diskussion.....	55
5.1	Diskussion der Methodik	55
5.2	Diskussion der Ergebnisse	56
5.2.1	Kollektiv	56
5.2.2	Häufigkeit von Leitungsanästhesien und der daraus folgenden Funktionsstörungen	57
5.2.3	Risikofaktoren und Ursachen	59
5.2.4	Diagnostik und Therapie.....	63
5.2.5	Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis aufgrund anderer Ursachen	67
5.3	Chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen	68
6	Ausblick	69
7	Zusammenfassung.....	71
8	Literaturverzeichnis.....	73
9	Anhang	81
10	Danksagung	87
11	Curriculum Vitae.....	88

Abkürzungsverzeichnis

al.	alii
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
DFNS	Deutscher Forschungsverbund Neuropathischer Schmerz
e.V.	eingetragener Verein
M.	Musculus
MKG-Chirurgen/ -innen	Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen/ -innen
ml	Milliliter
mm	Millimeter
Mm	Musculi
n	Anzahl (Englisch: number)
N.	Nervus
Nn	Nervi
QST	quantitative sensorische Testung
Rr	Rami
SD	Standardabweichung (Englisch: standard deviation)
SPSS	Statistical Package für Social Sciences
TAN	Transaktionsnummer

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Quantitative sensorische Testung; Quelle: In Anlehnung (Mücke et al., 2014)	25
Tabelle 2: Von einer irreversiblen Funktionsstörung betroffene Nerven (Definition der irreversiblen Funktionsstörung: Dauer >12 Monate)	40
Tabelle 3: Häufigkeit des Einsatzes verschiedener Methoden zur Diagnostik einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior – chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen.....	48
Tabelle 4: Häufigkeit des Einsatzes verschiedener Methoden zur Diagnostik einer Funktionsstörung des N. lingualis – chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen.....	50
Tabelle 5: Häufigkeit des Einsatzes von Medikamenten – chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen.....	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ganglion trigeminale mit den drei Hauptästen des N. trigeminus (Paulsen und Waschke, 2017) (Aus: Paulsen, Waschke, Sobotta Atlas der Anatomie, 24. Auflage 2017 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München).....	8
Abbildung 2: Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis – Darstellung der anästhesierten Bereiche (grau); Quelle: In Anlehnung (Daubländer und Kämmerer, 2014), S. 85, Zeichnung: Henriette Rintelen.....	10
Abbildung 3: Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis; Quelle: In Anlehnung (Daubländer und Kämmerer, 2014), S. 85, Zeichnung: Henriette Rintelen	11
Abbildung 4: Teilnehmer/ -innen.....	37
Abbildung 5: Anzahl der täglich durchgeführten Leitungsanästhesien am N. alveolaris inferior und N. lingualis	38
Abbildung 6: Häufigkeit einer reversiblen Funktionsstörung des N. alveolaris inferior durch eine Leitungsanästhesie während der Berufsausübung.....	39
Abbildung 7: Häufigkeit einer reversiblen Funktionsstörung des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie während der Berufsausübung.....	39
Abbildung 8: Mögliche Risikofaktoren einer Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie.....	41
Abbildung 9: Kenntnisse von chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen und Zahnärzten/ -innen über Risikofaktoren für eine Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie	42
Abbildung 10: Einschätzung der Häufigkeit der Ursachen einer Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie	43
Abbildung 11: Einschätzung der Toxizität der Lokalanästhetika	44
Abbildung 12: Einschätzung der Häufigkeit von Symptomen bei Patienten/ -innen mit einer vorübergehenden Schädigung des N. alveolaris inferior	45
Abbildung 13: Einschätzung der Häufigkeit von Symptomen bei Patienten/ -innen mit einer vorübergehenden Schädigung des N. lingualis	47
Abbildung 14: Verwendete Diagnosemethoden bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior.....	48

Abbildungsverzeichnis	4
Abbildung 15: Verwendete Diagnosemethoden bei einer Funktionsstörung des N. lingualis.....	49
Abbildung 16: Zeitabstände der Verlaufskontrollen bei einer Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie	52
Abbildung 17: Häufigkeit der Betreuung von Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis aufgrund anderer Ursachen	54

1 Einleitung

Im Rahmen von zahnmedizinischen Behandlungen ist die Lokalanästhesie das am häufigsten verwendete Verfahren zur reversiblen Schmerzausschaltung.

2019 wurden im BEMA-(Bewertungsmaßstab zahnärztlicher Leistungen)-Gebührenverzeichnis bei 100 Fällen 37,11 Infiltrationsanästhesien abgerechnet. Damit waren die Infiltrationsanästhesien die am dritthäufigste abgerechnete Position bei konservierenden und chirurgischen Behandlungen. Die Rate abgerechneter intraoraler Leitungsanästhesien betrug 16,68 pro 100 Fälle (KZBV, 2020).

Viele zahnärztliche und chirurgische Behandlungen ließen sich ohne Lokalanästhetika kaum durchführen (Halling, 2015). Zur Schmerzausschaltung stehen verschiedene intraorale Anästhesieverfahren zur Verfügung (Van Aken, 2010, Niesel, 2010):

- Oberflächenanästhesie
- Infiltrationsanästhesie
- Leitungsanästhesie
- intraligamentäre, intraossäre, intrapulpale und intraseptale Anästhesie

Obwohl die zahnärztliche Lokalanästhesie zu den sichersten Verfahren der Schmerzausschaltung gehört, können Komplikationen auftreten (Daubländer et al., 1997). Bei der Leitungsanästhesie wird durch die Injektion des Lokalanästhetikums in die Nähe des Nervenstrangs das komplette Versorgungsgebiet betäubt. Dabei besteht das Risiko einer Nervenschädigung.

In der Literatur wird die Häufigkeit einer Schädigung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer unterschiedlich beziffert. Pogrel und Thamby (2000) schätzten das Risiko beispielsweise auf 1:26.762 bis 1:160.571. Die Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie ist relativ selten, jedoch für den Betroffenen mit gravierenden Folgen – wie neuropathische Schmerzen und Störungen des Geschmackssinnes – verbunden (Renton, 2018b, Renton, 2018a). Daher werden sowohl die möglichen Risiken und Ursachen für eine Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis als auch die Symptome und Regenerationszeiten bei einer Funktionsstörung der beiden Nerven intensiv untersucht. Im Rahmen dieser Analysen werden auch Alternativen zur Leitungsanästhesie entwickelt.

1.1 Zielsetzung der Dissertation

Im Rahmen dieser Studie soll anhand einer Befragung der Wissensstand von Zahnärzten/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen hinsichtlich der potenziellen Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie evaluiert werden. Dabei soll auch analysiert werden, ob Zahnärzte/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen bei einer Funktionsstörung der beiden Nerven eine adäquate Diagnostik und Therapie durchführen.

Bei Behandlungen durch Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen kommt es durch die chirurgischen Eingriffe in Nervennähe häufiger zu einer Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis als bei zahnärztlichen Behandlungen. Somit wird erwartet, dass die chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen mit der Problematik vertrauter sind und ihre Erfahrung mit Nervenschädigungen durch chirurgische Eingriffe auf die durch eine Leitungsanästhesie verursachten Funktionsstörungen übertragen können.

In Detail werden folgende Fragestellungen diskutiert:

- 1) Wie häufig haben die Befragten bei ihren Patienten/ -innen eine reversible oder irreversible Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie diagnostiziert?

Hypothese 1: Die Anzahl irreversibler Funktionsstörungen durch eine Leitungsanästhesie ist gering. Bei Behandlungen durch chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen treten durch die häufigere Anwendung der Leitungsanästhesie solche Funktionsstörungen häufiger auf.

- 2) Wie ist der Wissensstand der Befragten zu den Ursachen und Risikofaktoren der Funktionsstörung der beiden Nerven durch eine Leitungsanästhesie?

Hypothese 2: Die Befragten sind nicht ausreichend über die möglichen Ursachen und Risikofaktoren informiert. Durch das seltene Auftreten dieser Komplikation haben sich die Befragten nicht ausführlich mit der Thematik auseinandergesetzt.

- 3) Führen die Befragten eine adäquate Untersuchung und Therapie bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch?

Hypothese 3: Eine adäquate Untersuchung und Therapie findet nicht statt. Bei der Diagnostik und Therapie wird die gustatorische Wahrnehmung vernachlässigt.

- 4) Zeigen chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen tendenziell bessere Kenntnisse bezüglich der Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis als Zahnärzte/ -innen?

Hypothese 4: Die chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen sind aufgrund des möglichen Auftretens einer postoperativen Nervenschädigung bezüglich der Thematik besser informiert und können daher bei einer Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie adäquater reagieren.

2 Literaturdiskussion

2.1 Anatomie des N. alveolaris inferior und N. lingualis

Ein großer Anteil der Mund-Kiefer-Region wird über den überwiegend sensorischen Hirnnerv N. trigeminus versorgt. Drei Hauptäste des N. trigeminus gehen vom sensiblen Ganglion trigeminale aus (Fanghänel J, 2011):

- N. ophthalmicus (sensibel)
- N. maxillaris (sensibel)
- N. mandibularis (sensibel und motorisch)

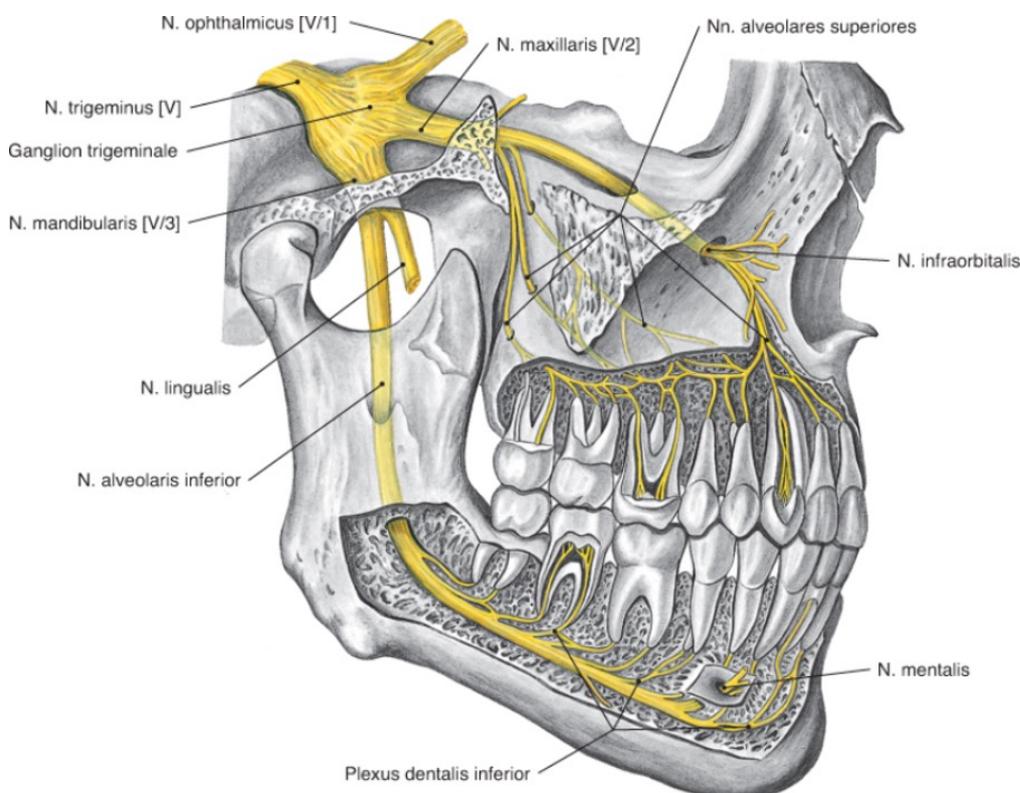


Abbildung 1: Ganglion trigeminale mit den drei Hauptästen des N. trigeminus (Paulsen and Waschke, 2017) (Aus: Paulsen, Waschke, Sobotta Atlas der Anatomie, 24. Auflage 2017 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München)

Der N. mandibularis verlässt durch das Foramen ovale die Schädelhöhle in Richtung Außenfläche der Schädelbasis. Er versorgt motorisch die Mundbodenmuskeln M. digastricus und M. mylohyoideus und die Kaumuskeln. Zudem ist der N. mandibularis für die sensible Innervation der Schleimhäute der Mundhöhle, bis auf den Gaumen und den hinteren Zungenabschnitt, sowie der Zähne, der Haut und des Zahnfleisches im Bereich des Unterkiefers verantwortlich. Der vorwiegend motorische Ast versorgt

durch den N. massetericus den M. masseter, durch die Nn. temporalis profundi den M. temporalis sowie durch den N. pterygoideus lateralis den M. pterygoideus lateralis. Der N. pterygoideus medialis innerviert den M. pterygoideus medialis und direkt oder über einen Ast des Ganglion oticum den M. tensor veli palatini und den M. tensor tympani (Fanghänel J, 2011).

Aus dem sensiblen Stamm des N. mandibularis gehen der N. auriculotemporalis und der N. lingualis hervor, die beide vom M. pterygoideus lateralis bedeckt werden. Beide Nerven erscheinen in der dreieckigen Lücke zwischen den beiden Mm. pterygoidei und dem Collum mandibulae (Hafferl, 2013). Der N. lingualis geht hier eine Verbindung zur Chorda tympani ein. Er liegt medial und vor dem N. alveolaris inferior. Der N. lingualis steigt abwärts und wendet sich im Bogen oberhalb der Glandula submandibularis und des M. mylohyoideus entlang der Außenfläche des M. hypoglossus zum lateralen Bereich der Zunge (Fanghänel J, 2011). Hier zweigen weitere Äste in die Zunge ab. Sie verlaufen dicht unterhalb der Schleimhaut und befinden sich in enger Nachbarschaft zum Ductus submandibularis. Die Rr. lingualis verlaufen zum Rücken und zum Rand der Zunge und innervieren diese von der Spitze bis zur Linea terminalis. Hier liegen auch die Geschmacksfasern, die den N. lingualis über die Chorda tympani wieder verlassen. Die Rr. lingualis ziehen unter anderem zu den Papillae fungiformes und filiformes. Zudem sind Anastomosen mit dem N. alveolaris inferior und dem N. hypoglossus vorhanden (Höhmann et al., 2002). Damit ist der N. lingualis für die Sensibilität der Hälfte der Zunge und für die Geschmacksempfindung der vorderen zwei Drittel der Zunge verantwortlich.

Lateral nahe dem Collum mandibulae liegt der N. alveolaris inferior mit seinen motorischen und sensiblen Anteilen. Er verläuft abwärts bis zum Foramen mandibulae. Kurz vorher zweigt der N. mylohyoideus ab. Der N. mylohyoideus zieht an der Innenfläche des Unterkiefers weiter zum M. mylohyoideus und zum Venter anterior musculi digastrici. Der N. alveolaris inferior tritt selbst in den Canalis mandibulae ein und verlässt ihn als N. mentalis durch das Foramen mentale (Fanghänel J, 2011). Im Kanal verläuft er in Begleitung der Arteria und Vena alveolaris inferior (Hafferl, 2013). Der N. alveolaris inferior bildet im Canalis mandibulae den Plexus dentalis inferior (Abbildung 1) und gibt folgende Zweige ab:

- Rr. dentales inferiores (Innervation der Unterkieferzähne)
- Rr. gingivales inferiores (Innervation des Zahnfleisches)
- N. mentalis

Der N. mentalis verzweigt sich in die Rr. mentales (Innervation von Haut und Kinn) und Rr. labiales inferiores (Innervation von Haut und Schleimhaut der Unterlippe) (Fanghänel J, 2011).

2.2 Injektionstechnik bei der Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis

Bei der Leitungsanästhesie wird das komplette sensible Versorgungsgebiet betäubt, da das Lokalanästhetikum direkt in die Nähe des entsprechenden Nervenstrangs injiziert wird. Daher sind Leitungsanästhesien für umfangreiche und chirurgische Eingriffe geeignet. Zur Schmerzausschaltung in einer Unterkieferhälfte erfolgt eine ipsilaterale Leitungsanästhesie am N. alveolaris inferior und N. lingualis.

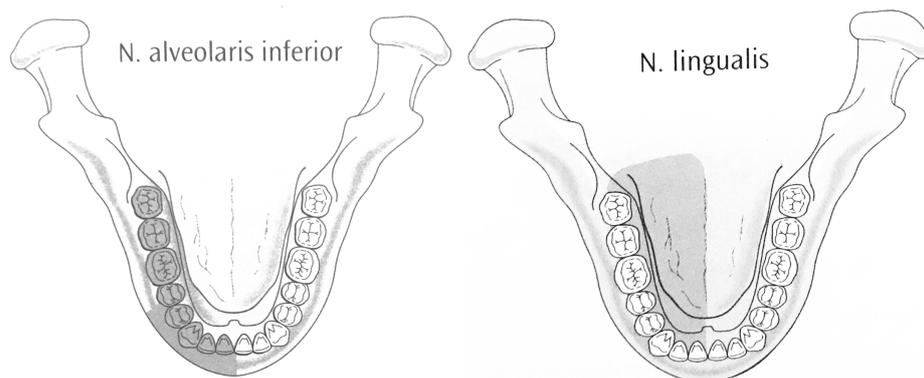


Abbildung 2: Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis – Darstellung der anästhesierten Bereiche (grau); Quelle: In Anlehnung (Daubländer and Kämmerer, 2014), S. 85, Zeichnung: Henriette Rintelen

Bei Durchführung einer Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis sollte der Patient sich in einer sitzenden entspannten Position befinden (Daubländer and Kämmerer, 2014). Der Einstich erfolgt bei weiter Mundöffnung, von der Gegenseite der Prämolarenregion kommend, lateral der Plica pterygomandibularis etwa 1 cm oberhalb der Okklusionsebene der Unterkiefermolaren. Nach Einführung der Injektionskanüle etwa 2 cm nach laterodistal kommt es zum Knochenkontakt mit dem aufsteigenden Unterkieferast in unmittelbarer Nähe des Foramen mandibulae. Nach zweimaliger negativer Aspiration in zwei Ebenen werden 1–1,5 ml Lokalanästhetikum injiziert (Kämmerer et al., 2015b). In der Regel ist eine gesonderte Betäubung des N. lingualis nicht erforderlich, da bei der Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior der N. lingualis mitbetäubt wird (Van Aken, 2010).

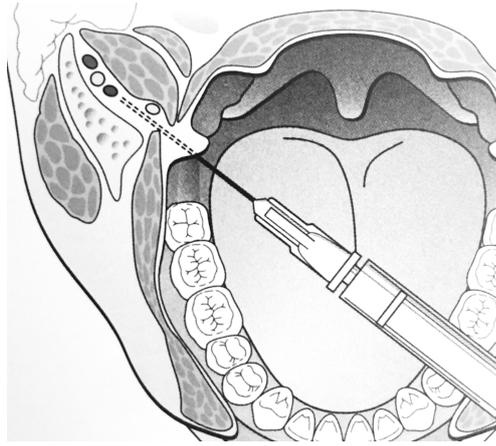


Abbildung 3: Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis; Quelle: In Anlehnung (Daubländer and Kämmerer, 2014), S. 85, Zeichnung: Henriette Rintelen

2.3 Komplikationen bei der zahnärztlichen Lokalanästhesie

Die zahnärztliche Lokalanästhesie gehört zu den sichersten Verfahren der Schmerzausschaltung. Die Komplikationsrate liegt bei 4–5 % (Daubländer et al., 1997). Unterschieden werden systemische und lokale Komplikationen.

2.3.1 Systemische Komplikationen

Bei der Injektion eines Lokalanästhetikums sind trotz geringer systemischer Toxizität systemische Komplikationen möglich. Lokalanästhetische Lösungen enthalten neben dem Lokalanästhetikum Adrenalin als Vasokonstriktor und Natriumdisulfit als Antioxidans. Die Komponenten der lokalanästhetischen Lösung können Komplikationen in Form von Intoxikation oder allergischen oder pseudoallergischen Reaktionen auslösen.

Intoxikation durch das Lokalanästhetikum

Lokalanästhetika blockieren unspezifisch spannungsabhängige Natriumkanäle der Nervenfasern. Nach Auslösen eines Aktionspotenzials wird bei einer Depolarisation der Nervenzellmembran der Natriumeinstrom reversibel inhibiert, was zu einer Blockade der Erregungsweiterleitung führt (Ahrens and Leffler, 2014). Toxische Konzentrationen außerhalb des Wirkortes können Nebenwirkungen hervorrufen.

Solche Konzentrationen werden entweder durch Überschreiten der empfohlenen Maximaldosis verursacht oder durch eine versehentliche intravasale Injektion, erhöhte

Resorption und verzögerte Inaktivierung (Van Aken, 2010). Bei der Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und N. lingualis wird das Risiko einer partiell intravasalen Injektion mit bis zu 20 % angegeben (Lipp et al., 1993).

Bei einer Überdosierung überwindet das Lokalanästhetikum die Blut-Hirn-Schranke, wodurch innerhalb kurzer Zeit relevante systemische Spiegel im intrazerebralen Liquor entstehen. Weniger empfindlich ist das kardiovaskuläre System. Dort blockieren Lokalanästhetika in höherer Dosierung spannungsabhängige Natriumkanäle am Myokard und somit die Depolarisation der Zellmembran.

Die Konzentration des ungebundenen Medikamentes im Plasma, der Anstieg seines Spiegels im Blut und seine physikochemischen Eigenschaften steuern den Schweregrad und den Verlauf der Intoxikation (Daubländer and Kämmerer, 2014).

Überempfindlichkeitsreaktion

Allergische und pseudoallergische Reaktionen sind häufig nicht auf das Lokalanästhetikum selbst zurückzuführen, sondern auf andere Bestandteile der Lösung.

Eine anaphylaktische Reaktion tritt bei Lokalanästhetika vom Amid-Typ seltener auf als bei Lokalanästhetika vom Ester-Typ (Schenkel et al., 2015). Patienten mit allergischer Diathese sollten Präparate des Amid-Typs ohne Konservierungsstoffe erhalten.

Eine pseudoallergische Reaktion wird durch die Degranulation von Mastzellen oder durch eine Aktivierung des Komplementsystems verursacht. Eine Antigen-Antikörper-Reaktion und eine vorherige Sensibilisierung finden nicht statt (Daubländer and Kämmerer, 2014).

Überdosierung des Vasokonstriktors

Zahnärztliche Lokalanästhesielösungen enthalten häufig Adrenalin in einer Konzentration von 1:100.000 bis 1:400.000. Trotz dieser geringen Konzentration kann es durch intravasale Injektion oder schnelle Resorption zu vegetativen und kardiovaskulären Symptomen kommen. Zurückzuführen sind diese Symptome auf die β -adrenerge Wirkung. Bei Patienten/ -innen mit einer koronaren Herzerkrankung und anderen Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist die Toleranz gegenüber Adrenalin vermindert. Als absolute Kontraindikationen gelten ein Phäochromozytom, eine

Hyperthyreose, tachykarde Rhythmusstörungen und eine Sulfid-Allergie (Van Aken, 2010).

Unspezifische systemische Komplikation

Unspezifische systemische Komplikationen sind meist psychogener Herkunft. Zu den Symptomen gehören vasovagale Synkopen, Hyperventilation und ein kurzzeitiger Bewusstseinsverlust (Daubländer and Kämmerer, 2014).

2.3.2 Lokale Komplikationen

Lokale Komplikationen sind injektions- oder medikamentenbedingt und können sofort oder als Spätschäden auftreten. Dazu gehören (Schwenzer N, 2000):

- Kanülenbruch
- Hämatom
- Infektion
- Kieferklemme
- Fazialisparese
- ischämische Zonen
- Nekrose
- Verletzung der Weichteile
- Wundheilungsstörung / Nachblutung
- Nervenschädigung

2.4 Klassifikation nach Seddon und nach Sunderland

Periphere Nerven sind vom sogenannten Epineurium umgeben, das hauptsächlich Kollagen und elastische Fasern enthält. Sie setzen sich aus Faszikeln unterschiedlicher Größe zusammen, die aus myelinisierten und nicht-myelinisierten Nervenfasern bestehen und von einer Bindegewebsschicht, dem Perineurium, umgeben sind (Smith and Lung, 2006). Eine einzelne Nervenfasern setzt sich aus dem Perikaryon, dem Axon und der Myelinscheide zusammen. Die Axone sind von einer Matrix aus Kollagen und Schwann-Zellen umgeben (Junqueira and Carneiro, 2013, Maggi et al., 2003). Der Nerv wird über ein intrinsisches und extrinsisches System mit Blut versorgt (Maggi et al., 2003).

Bei der Durchtrennung einer Nervenfaser stirbt im proximalen Stumpf das Ende des Axons mit einer Demarkierung am nächsten Schnürring innerhalb der ersten Tage ab. Die Ansammlung von Zellmaterial führt proximal der Demarkierung zu einer Schwellung des Axons (Wachstumskolben). Das Axon und das Myelin am distalen Ende der Nervenfaser zerfallen. Dieser Prozess wird als Wallersche-Degeneration bezeichnet. Die Schwann-Zellen und die Basalmembran bleiben für die Regeneration erhalten. Die Schwann-Zellen bilden Büngner-Bänder aus. Diese Zellsäulen stellen eine Leitschiene für die Sprossen (aussprossende Axone) des Wachstumskolben dar. Das Einwachsen des Axons und das Erreichen des zugehörigen Nervenfaserbündels ist eine Voraussetzung für die Reinnervation (Maggi et al., 2003, Junqueira and Carneiro, 2013). Bei einer nicht überwindbaren Bindegewebsverdichtung zwischen dem proximalen und distalen Stumpf ist eine Regeneration nicht möglich. Die Nervenfasern bilden ein schmerzhaftes Neurom.

1943 unterteilte Seddon Nervenverletzungen klinisch in drei Klassen – Neurapraxie, Axonotmesis und Neurotmesis – ein:

- Die Neurapraxie ist die schwächste Form einer Nervenverletzung. Die Kontinuität der Axone sowie des Epi- und Perineuriums bleibt erhalten. Die Reizweiterleitung ist durch eine Dehnung oder Kompression geschädigt. In der Regel kommt es zu einer vollständigen spontanen Regeneration.
- Bei der Axonotmesis bleibt die Kontinuität des Peri- und Epineuriums intakt, aber es kommt – meist durch eine Quetschung – zur Durchtrennung der Axone. Die Regeneration ist erschwert. Da aber die äußere Kontinuität erhalten bleibt, kann eine vollständige Regeneration eintreten.
- Bei der Neurotmesis liegt eine vollständige Durchtrennung des Nervs vor, sodass eine spontane Regeneration in der Regel nicht möglich ist (Maggi et al., 2003, Müller-Vahl et al., 2014, Seddon, 1943).

Sunderland entwickelte 1951 eine differenziertere Klassifikation von Nervenverletzungen in fünf Schweregrade:

- Grad 1 entspricht der Neurapraxie nach Seddon. Der Nerv verliert seine Leitfunktion, ohne dass anatomische Veränderungen der Nervenstrukturen vorliegen. In diesem Fall ist eine vollständige spontane Regeneration möglich. Ein während der Injektion auftretender leichter Druck auf den Nerv kann zu einer vorübergehenden Ischämie führen. Der Nerv erholt sich nach Normalisierung des Blutflusses.
- Grad 2 entspricht der Axonotmesis mit intaktem Endoneurium, Perineurium und Epineurium. Auch hier besteht eine spontane Regenerationsfähigkeit. Ein während der Injektion auftretender starker Druck auf den Nerv führt zusätzlich zu einer intrafaszikulären Ödembildung mit vermindertem Blutfluss und zu einer Leitungsblockade. Die möglichen Folgen reichen von einer völligen Wiederherstellung der Funktion des Nervs bis zu bleibenden sensomotorischen Störungen.
- Bei Grad 3 kommt es durch extremen Druck oder Zug auf den Nerv zusätzlich zu einer Schädigung des Endoneuriums. Bei einer verzögerten Regeneration der Sensibilität kann eine chirurgische Behandlung notwendig sein.
- Beim Grad 4 bleibt lediglich das Epineurium intakt. Eine Regeneration ist spontan kaum möglich und kann eventuell durch einen operativen Eingriff verbessert werden.
- Grad 5 zeichnet sich durch eine komplette Diskontinuität des Nervs aus. Eine Regeneration ist nur chirurgisch mit einer Nervenadaptionnaht möglich (Sunderland, 1991, Müller-Vahl et al., 2014, Sunderland, 1951).

Bei einer mechanischen Irritation durch eine Injektionskanüle ist eine komplette Läsion des Nervs unwahrscheinlich (Jakobs, 2019).

2.5 Inzidenz der Nervenschädigung

Die durch die Leitungsanästhesie verursachten Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior und N. lingualis sind reversibel oder irreversibel. Auf der Basis ihrer Befunde schätzten Pogrel und Thamby (2000) das Risiko auf 1:26.762 bis 1:160.571 ein. Von den insgesamt 55 betroffenen Frauen und 28 betroffenen Männern in ihrer Studie zeigten 79 % Schäden am N. lingualis und 21 % Schäden am N. alveolaris inferior.

Daten zur Häufigkeit der Schädigung des N. lingualis in Deutschland liefert unter anderem die Studie von Krafft und Hickel (1994). Bei ihren Untersuchungen an der Universität Erlangen-Nürnberg zeigten 18 von 12104 Patienten/ -innen linguale sensorische Störungen. In einem Fall persistierte eine leichte linguale Sensibilitätsstörung nach einem Jahr. Diese prospektive Studie basiert auf Daten von Patienten/ -innen mit einer restaurativen Versorgung unter Leitungsanästhesie (Krafft and Hickel, 1994).

In einer Studie von Ehrenfeld et al. (1992) wurde bei 506 Patienten/ -innen eine Leitungsanästhesie im Spatium pterygomandibulare durchgeführt. In keinem Fall kam es zu einem neurologischen Ausfall im Innervationsgebiet. Zudem wurden zwischen Dezember 1987 und April 1991 in der Klinik acht Patienten/ -innen mit neun Injektionsschäden betreut. Auch hier waren Schäden am N. lingualis (n = 8) häufiger als am N. alveolaris inferior (n = 1). Während des Beobachtungszeitraums bildeten sich nur zwei neurologische Defizite vollständig und ein weiterer teilweise zurück. Die Befunde belegen zweifelsfrei, dass Schäden am N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer seltene Ereignisse sind, die jedoch gravierende Folgen, wie Störungen der Sensibilität und des Geschmackssinnes, nach sich ziehen (Ehrenfeld et al., 1992).

Grundsätzlich werden reversible und irreversible (> 12 Monate) Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior oder N. lingualis unterschieden. In beiden Fällen tritt die Funktionsstörung unmittelbar nach der Nervenläsion ein. Bei einem injektionsassoziierten Hämatom oder Ödem ist ein verzögerter Eintritt möglich. Häufig führt eine Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie zu einer reversiblen Funktionsstörung (Höhmann et al., 2002).

Der mechanische Schaden der Nerven durch eine zahnärztliche Kanüle ist zwar gering, kann aber dennoch zu Funktionseinschränkungen unterschiedlichen Ausmaßes führen. Im Verlauf sind diese aber häufig vollständig regredient.

Lokale neurotoxische Schäden durch intraneurale Injektionen haben dagegen häufiger dauerhafte sensible Störungen zur Folge (Van Aken, 2010).

2.6 Symptome und Beeinträchtigung der Lebensqualität

2.6.1 Neuropathischer Schmerz

Die Neuropathic Pain Special Interest Group (NeuPSIG) der International Association for the Study of Pain (IASP) definiert neuropathische Schmerzen als direkte Folge einer Läsion oder Schädigung des somatosensorischen Systems (Finnerup et al., 2016). Neuropathische Schmerzen werden klar von nozizeptiven Schmerzen abgegrenzt, die aus der Aktivierung von Nozizeptoren bei zeitgleich intakten neuronalen Strukturen resultieren. Der nozioplastische Schmerz wird durch eine veränderte Nozizeption, die nicht durch eine Gewebeschädigung, Erkrankung oder Schädigung des somatosensorischen Systems hervorgerufen wird, verursacht (Diener and Steinmetz, 2019).

Viele Patienten / -innen leiden aufgrund der Läsion afferenter Fasersysteme unter einem Taubheitsgefühl. Diese „negativen“ sensiblen Symptome sind zwar nicht schmerzhaft, aber unangenehm und können zu erheblichen Beeinträchtigungen führen.

Patienten/ -innen mit evozierten Schmerzen und einer Schmerzüberempfindlichkeit leiden unter „positiven“ Symptomen. Charakteristisch sind spontan auftretende, einschießende, stechende und elektrisierende Schmerzen (Diener and Steinmetz, 2019) oder ein brennender Dauerschmerz. Leicht schmerzhaft Reize können intensive Schmerzen auslösen (Hyperalgesie) (Maier et al., 2010, Treede et al., 2008). Betroffene Patienten/ -innen können ein Reiz, der normalerweise keine Schmerzen verursacht, als schmerzhaft wahrnehmen. Bei der Allodynie kann das Überstreifen von Kleidung im entsprechenden Hautareal als unangenehm bis schmerzhaft empfunden werden. Harmlose Wärme- und Kältereize können extreme Schmerzen verursachen (Hartmann and Daubländer, 2013). Weitere mögliche Symptome sind quälender Juckreiz, Kribbelparästhesien und Dysästhesien.

Bei einer Schädigung des N. lingualis kann auch eine Minderung (Hypgeusie) oder ein Verlust (Ageusie) der Geschmacksempfindungen auftreten (Hömann et al., 2002).

2.6.2 Beeinträchtigung der Lebensqualität

Neuropathische Schmerzen durch eine irreversible Nervenschädigung können den Alltag, die Schlafqualität und die Autonomie betroffener Patienten/ -innen beeinträchtigen. Die möglicherweise auftretende Antriebslosigkeit, ängstliche Verstimmung und der soziale Rückzug werden als algogenes Psychosyndrom bezeichnet. Dies kann zum Verlust von sozialen Kontakten, Arbeitsplatz und Partnerschaft führen (Müller-Schwefe and Überall, 2011).

In einer Untersuchung von Renton et al. (2010) berichteten 88 % der Patienten/ -innen (15/17) mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und 44 % der Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. lingualis (7/16) über anhaltende Schmerzen und eine veränderte Empfindung. Zusätzlich zu den Schmerzen trat bei den Betroffenen ein Taubheitsgefühl auf. Jeweils zehn Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis hatten Probleme bei der Artikulation. Außerdem waren einige Patienten/ -innen beim Küssen beeinträchtigt und spürten dabei keine Freude. Bei einer Schädigung des N. lingualis hatten alle Patienten/ -innen mit einer Ausnahme Probleme beim Essen. Acht Patienten/ -innen zeigten einen verminderten oder fehlenden Geschmackssinn. In einem Fall riefen stark gewürzte Nahrungsmittel Schmerzen hervor. Neun Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior hatten Probleme beim Essen und vier beim Trinken. Fünf Patienten/ -innen litten unter Schlafstörungen, hauptsächlich aufgrund einer Allodynie, die durch Berührungen im Innervationsgebiet hervorgerufen wurde (Renton et al., 2010).

2.7 Ätiologie der Nervenschädigungen durch eine Leitungsanästhesie

2.7.1 Mögliche Ursachen

Eine Nervenschädigung kann mechanische, toxische und chemische Ursachen haben.

Ein direktes mechanisches Trauma bei einer Injektion in den Nerv führt zu einem blitzartigen Schmerz. Durch den Schmerz hervorgerufene reflexartige Abwehrbewegungen des/ der Patienten/ -in können weitere Verletzungen nach sich ziehen. In solchen Fällen muss die Kanüle zurückgezogen und die Lage korrigiert werden, oder aber neu eingestochen werden (Hömann et al., 2002). Das Risiko einer direkten Gewebstraumatisierung ist niedrig, da der maximale Durchmesser der Kanüle

mit 0,5 mm deutlich geringer ist als die Diameter des N. alveolaris inferior und N. lingualis. Im Durchschnitt beträgt der Durchmesser des N. lingualis 1,86 mm und der des N. alveolaris inferior 2–3 mm. Trifft die Injektionskanüle auf einen der beiden Nerven, werden tendenziell eher die Faszikel getrennt. Vermutlich ist eine Neurotmesis oder eine Verletzung fünften Grades mit einer Abscherung aller Nervenfasern und Bindegewebsschichten nicht möglich. Aufgrund des geringen Ausmaßes der direkten Schäden verschwinden die resultierenden Symptome in der Regel vollständig ohne bleibende Nervenschädigung (Pogrel et al., 1995, Smith and Lung, 2006).

Eine Verletzung von Blutgefäßen durch die Kanüle kann ein intraneurales Hämatom und somit eine Kompression des Nervs zur Folge haben. Eine Studie an Ratten weist auf eine axonale Degeneration und Fibrose der Nervenfasern in der Nähe des Hämatoms hin (Rayan et al., 1988). In Abhängigkeit von der Stärke der Kompression durch das Hämatom wird die Nervenschädigung entweder als Neurapraxie (Seddon-Klassifikation) / Verletzung Grad 1 (Sunderland) klassifiziert oder als Axonotmesis (Seddon-Klassifikation) / Verletzung Grad 2 (Sunderland) (Sunderland, 1991, Seddon, 1975). Bei einer Verletzung ersten Grades ist bei einer Druckentlastung über mehrere Wochen und anschließender Remyelinisierung eine Erholung möglich. Verletzungen zweiten Grades sind schwerwiegender (Colin and Donoff, 1992). Eine weitere Möglichkeit einer Kompression ist die Bildung eines Ödems.

Eine Verabreichung der Injektionsflüssigkeit mit einem zu hohen Druck kann eine Ischämie zur Folge haben (Kämmerer et al., 2015b). Die durch den Vasokonstriktor verursachte Minderperfusion des Gewebes kann nach Überschreiten der Ischämiezeit zur Nekrose führen (Haas, 1998).

Das Ausmaß der Schäden hängt von der Substanz, der injizierten Menge und dem Ort der Injektion ab. Bei einer lokalen Toxizität durch eine intraneurale Injektion mit einem hochdosierten Lokalanästhetikum kommt es zu einer Degeneration des Axons, zur Zerstörung der Myelinscheide und zu einer Destruktion von Faszikeln (Gentili et al., 1979).

Alle Lokalanästhetika besitzen zudem neurotoxische Effekte. Ihr molekularer Wirkmechanismus beruht auf der reversiblen Blockade aller spannungskontrollierten Natriumkanäle oder auf der Stabilisierung des Natriumionophorkanals im neuronalen Axon in einem nicht-natriumleitfähigen Konformationszustand, wodurch die Entstehung und Fortleitung von Aktionspotenzialen verhindert wird (Zink and Graf,

2011). Bei einem Anstieg der Konzentration im Plasma durch eine versehentliche intravasale Injektion, Überdosierung oder rasche Resorption von der Injektionsstelle können Lokalanästhetika die Blut-Hirn-Schranke überwinden und zu einer systemischen Intoxikation im zentralen Nervensystem führen (Mather et al., 2005, Rosenberg et al., 2004, Daubländer and Kämmerer, 2014).

Die molekulare Struktur und der Protonierungsgrad der aromatischen Gruppe bestimmen bei den Lokalanästhetika den Grad der Lipophilie. Die Lipophilie beeinflusst die Inversion in das Perineurium und in die Axonmembran und damit die Fähigkeit des Lokalanästhetikums an die Bindungsstelle zu gelangen. Lipophile Lokalanästhetika hemmen die Weiterleitung von Nervenimpulsen effektiver. Lipophile Lokalanästhetika wie Bupivacain und Tetracain zeigen neben einer starken Wirksamkeit auch eine höhere Potenz zur Blockade weiterer Ionenkanäle. Bupivacain ist daher nur in gering konzentrierten Lösungen (0,25 %, 0,5 %, 0,75 %) erhältlich (Daubländer and Kämmerer, 2014).

Lokalanästhetika mit einer Ester-Struktur besitzen ebenfalls eine höhere Neurotoxizität als Lokalanästhetika mit einer Amid-Struktur (Gentili et al., 1979).

Articain und Prilocain werden in einer hohen Konzentration von 4 % angewendet und zeigen daher ein erhöhtes Risiko für toxische Schäden (Haas and Lennon, 1995, Pogrel and Thamby, 1999). Laut einer US-amerikanischen retrospektiven Studie tritt eine Nervenschädigung bei Prilocain (4 %) 7,3-mal häufiger und bei Articain (4 %) 3,6-mal häufiger auf, als erwartet. Der Unterschied zu weniger konzentrierten Anästhetika ist signifikant (Garisto et al., 2010). Trotz dieser Befunde werden in Deutschland mehr als 97 % aller Lokalanästhesien mit Articain durchgeführt; Prilocain hat einen Marktanteil von 0,7 %.

In anderen Ländern, wie Großbritannien oder den USA, wird trotz möglicher Nebenwirkungen (negative Inotropie, Auslösung von Herzrhythmusstörungen) meist Lidocain verwendet (Halling, 2015). Auch Lidocain verursacht in höheren Konzentrationen nach perineuraler und nach intrafaskulärer Injektion neurotoxische Schäden (Kirihiro et al., 2003, Pogrel et al., 1995). Lidocain wird in der Zahnheilkunde in der Regel als 2 %ige Lösung mit einem Vasokonstriktor eingesetzt.

Mepivacain ist hinsichtlich seiner Wirksamkeit und Toxizität mit Lidocain vergleichbar. Es wird aufgrund seiner geringeren vasodilatatorischen Wirkung ohne Vasokonstriktor bei Patienten/ -innen mit Kontraindikationen gegen Katecholamine verwendet (Daubländer and Kämmerer, 2014).

Toxische Plasmaspiegel können auch durch patientenassoziierte (Vorerkrankungen, Alter, Gewicht) und medikamentenspezifische Faktoren verursacht werden. Mögliche Einschränkungen bei der Absorption, dem Metabolismus und der Elimination von Lokalanästhetika bei Kleinkindern und älteren Patienten/-innen können zu einer verlängerten Halbwertszeit und einer erhöhten Plasmakonzentration führen. Auch das Gewicht des/der Patienten/ -in spielt eine Rolle. Die Formel zur Berechnung der individuellen Grenzmenge bezieht sich im Wesentlichen auf normalgewichtige Patienten/ -innen. Weiter ist die individuelle Reaktion des/ der Patienten/ -in auf spezifische Lokalanästhetika nicht vorhersehbar. Bei Erkrankungen mit einer eingeschränkten Leberfunktion steigt das Risiko für systemische Nebenwirkungen, Intoxikationen und lokale Komplikationen (Van Aken, 2010).

2.7.2 Risikofaktoren

Mehrfachinjektionen sind mit einem erhöhten Risiko für eine Nervenschädigung verbunden. Untersuchungen belegen, dass eine wiederholte Leitungsanästhesie vor allem das Risiko einer Schädigung des N. lingualis erhöht (Renton et al., 2010). Bei einer Nachinjektion in einem bereits anästhesierten Gewebe bemerkt der/ die Patient/ -in und somit der Behandelnde den direkten Kontakt der Kanüle mit dem Nerv nicht. In 80 % der Fälle reicht eine einmalige Injektion für eine ausreichende Anästhesietiefe aus; in 20 % der Fälle ist eine Nachinjektion notwendig (Jakobs, 2019).

Nach mehrmaliger Injektion und bei Knochenkontakt der Kanülenspitze sollte die Kanüle ausgewechselt werden (Jakobs, 2019), da stumpfe Kanülen oder beschädigte Kanülenspitzen in der Literatur als Risikofaktoren diskutiert werden.

Passende Injektionskanülen spielen für den Schutz der Nerven eine bedeutende Rolle, da ein zu großer Durchmesser oder ein zu langer Schliff das Risiko einer Nervenschädigung erhöhen (Haas, 1998). Die Injektionskanülen sollten mindestens 42 mm lang sein und einen maximalen Durchmesser von 0,5 mm aufweisen (Höhmnn et al., 2002).

Anatomische Variationen bezüglich der Größe und Position des N. alveolaris inferior und N. lingualis erschweren die Leitungsanästhesie im Unterkiefer (Pippi et al., 2017).

Zur Minimierung des Risikos einer Schädigung am N. alveolaris inferior und N. lingualis sollte die Injektion bei einer Leitungsanästhesie langsam und kontrolliert mit einer geeigneten Injektionstechnik erfolgen. Beim Eindringen der Injektionskanüle

in den knöchernen Kanal erhöht sich das Risiko eines mechanischen Traumas oder einer Ischämie infolge des Drucks (Daubländer and Kämmerer, 2014). Für eine Blockade des N. alveolaris inferior existieren verschiedene Techniken. Dazu zählen die direkte oder indirekte Injektionstechnik zur Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior, die hohe Leitungsanästhesie des N. mandibularis nach Gow-Gates (Gow-Gates and Watson, 1989), der Akinosi-Block (Buch, 2011) und die „anterior injection technique“ nach Takasugi et al. (Okamoto et al., 2000).

Blitzartige elektrische Schmerzen sind Anzeichen für ein direktes mechanisches Trauma (Renton et al., 2010). In solchen Fällen wird die Kanüle direkt zurückgezogen und ihre Lage korrigiert (Höhmann et al., 2002). Bei einer Leitungsanästhesie unter Narkose besteht die Gefahr einer Injektion in den Nerv, da diese Anzeichen fehlen. Somit sollte die Leitungsanästhesie immer bei Bewusstsein des/ der Patienten/ -in erfolgen.

Einige Autoren/ -innen vermuten ein erhöhtes Risiko einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis bei Anwendung höher konzentrierter lokalanästhetischer Lösungen (Hillerup and Jensen, 2006).

In einer Studie mit 33 Patienten/ -innen mit einer Schädigung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis wiesen Frauen (n = 15) häufiger Schmerzen auf als Männer (n = 9) (Renton et al., 2010). In einer weiteren prospektiven Studie wurden mehr Frauen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis in ein tertiäres Versorgungszentrum überwiesen. Die Autoren/ -innen vermuteten, dass sich Frauen mehr um ihren Zustand kümmern (Pogrel and Thamby, 2000).

Die in einigen Studien gefundenen geschlechtsbezogenen Unterschiede bezüglich der Schmerzsensitivität kennzeichnen das weibliche Geschlecht als einen möglichen Risikofaktor für die Entstehung chronischer Schmerzzustände (Zimmer-Albert and Pogatzki-Zahn, 2017). Allerdings muss nach Schmerzreiz und -lokalisierung differenziert werden. Frauen weisen vor allem bei Druck und elektrischer Stimulation eine höhere Schmerzsensitivität als Männer auf (Chesterton et al., 2003). Geschlechtsbezogene Unterschiede im Auftreten von Schmerzen gibt es in fast allen Altersstufen (Brattberg et al., 1997). Laut LeResche (2000) geben Frauen bis zum 65. Lebensjahr häufiger Schmerzen und mehr Schmerzlokalisationen als Männer an.

In der Literatur werden biologische, psychosoziale und psychologische Einflussfaktoren für die geschlechtsabhängige Schmerzwahrnehmung diskutiert.

Ein besonderer Fokus liegt auf hormonellen Faktoren (z. B. Sexualhormone) sowie auf Unterschiede bei Neurotransmittersystemen und der endogenen Schmerzkontrolle (Fillingim, 2000, Berkley and Brain, 1997).

Auch genetische Faktoren spielen eine wichtige Rolle für geschlechtsabhängige Unterschiede in der Schmerzempfindlichkeit und für die Wirksamkeit von Schmerzmitteln (Mitrovic et al., 2003, Mogil et al., 2003).

Bei den psychologischen Faktoren scheint das bei Frauen ausgeprägtere Katastrophisieren die Schmerzintensität und das Schmerzverhalten zu beeinflussen (Sullivan et al., 2001, Keefe et al., 2000). Jedoch fehlen noch Studien, die diese Befunde validieren (Zimmer-Albert and Pogatzki-Zahn, 2017). Frauen verwenden aktiv eine breitere Palette an Coping-Strategien (Bewältigungsstrategien), die mit einem positiven Behandlungserfolg assoziiert zu sein scheinen (Hechler et al., 2010).

Die hinsichtlich ihres Einflusses auf die Schmerzempfindlichkeit am besten untersuchten affektiven Reaktionen sind Angst und Depression. Diese Störungen treten bei Frauen häufiger auf als bei Männern und zeigen eine hohe Komorbidität mit Schmerz (Robinson et al., 2000, Kroenke and Spitzer, 1998).

Unter den psychosozialen Faktoren spielen die traditionellen Geschlechterrollen (Gender) bei der Schmerzbewertung eine wichtige Rolle. Von den Frauen wird erwartet, dass sie ein emotionales und offenes Schmerzverhalten zeigen sowie soziale Unterstützung suchen. Männer hingegen sollen den Schmerz unterdrücken, um nicht unmännlich zu wirken. Somit wird die Schmerzkommunikation auch durch den sozialen Kontext beeinflusst (Levine and De Simone, 1991, Robinson et al., 2000).

Die Anamnese spielt eine wichtige Rolle, um neuropathische Störungen mit metabolischem, medikamentösem oder toxischem Ursprung auszuschließen. Zu den häufigsten Folgeschäden eines Diabetes mellitus gehört die diabetische Neuropathie/ Polyneuropathie mit peripheren sensomotorischen und autonomen Nervenfunktionsdefekten (Ziegler et al., 2017). Das Risiko einer diabetischen Polyneuropathie steigt bei chronischem Alkoholkonsum. Da Alkohol auf Nervenzellen toxisch wirkt, ist auch ohne Diabetes mellitus bei chronischem Konsum eine Polyneuropathie möglich (Hien, 2014). Außerdem geht Alkoholabusus häufig mit einer Mangelernährung einher, woraus ein Vitamin-B-Mangel resultieren kann. Auch eine Metformin-Dauertherapie führt zu einer Vitamin-B12-Malabsorption und damit potenziell zu einer Verschlechterung der diabetischen Neuropathie (Pavlicek, 2010).

Unabhängig von einem chronischen Alkoholkonsum und einem Diabetes mellitus kann auch ein alleiniger Vitamin-B12-Mangel eine periphere Polyneuropathie auslösen.

Bei Behandlung maligner Tumoren kann es zu einer Chemotherapie-induzierten peripheren Neurotoxizität (CIPN) kommen. Insbesondere Platin-Derivate, Vinca-Alkaloide oder Taxane schädigen das periphere Nervensystem (Koeppen, 2009).

2.8 Diagnosemethoden und Therapie

Zu Beginn der Diagnostik und im Therapieverlauf quantifizieren Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis die Intensität ihrer Schmerzen anhand von Analogskalen. Am häufigsten wird in Deutschland die numerische Rating-Skala (NRS) verwendet, bei der die Schmerzen auf einer Skala von 0 („kein Schmerz“) bis 10 („maximal vorstellbarer Schmerz“) eingeordnet werden. Alternativ kann die Schmerzstärke auf einer 10 cm langen horizontalen Linie mit den Endpunkten „kein Schmerz“ und „maximal vorstellbarer Schmerz“ beurteilt werden. Bei Patienten/ -innen mit kognitiver Einschränkung oder mit einer Sprachbarriere sowie bei Kindern haben sich Likert-Skalen („sehr stark, stark, mittelgradig, gering, nicht vorhanden“) und Icons („Smiley-Skala“) bewährt. Bei der Dokumentation ist die Angabe eines Zeitraumes wichtig sowie die aktuelle, durchschnittliche und maximale Schmerzstärke. Zudem sollten die Anzahl der Tage mit Schmerzen und die Attacken pro Tag erhoben werden. Mittels Körperschemazeichnung ist eine Beurteilung der Schmerzausbreitung möglich.

Mithilfe der Fragebögen lassen sich Symptome von neuropathischen Schmerzen qualitativ sowie quantitativ dokumentieren. Neben der Patientenbefragung füllt in einigen Fragebögen der/ die Untersucher/ -in nach einer kurzen klinischen Untersuchung weitere Punkte aus (Diener and Steinmetz, 2019).

Die Fragebögen dienen als Ergänzung bzw. Orientierung und ersetzen keine klinische Untersuchung. Laut Studien stimmen klinische Untersuchungsbefunde und die Angaben aus den Fragebögen häufig nur eingeschränkt überein (Gierthmühlen et al., 2018). Neben den körperlichen Befunden sind psychische und soziale Aspekte, die das Erleben und Verhalten der Patienten/ -innen beeinflussen, wichtig. Der Schmerzfragebogen der Deutschen Schmerzgesellschaft e.V. beinhaltet Fragen zu psychischen Beeinträchtigungen, Angst, Depression und Lebensqualität (Deutsche Schmerzgesellschaft, 2021).

Durch die quantitative sensorische Testung (QST) werden mittels physikalisch skalierbarer nicht-nozizeptiver und nozizeptiver Reize die Hautsensibilität und die Sensibilität der Muskulatur und Faszien analysiert. Der Deutsche Forschungsverbund Neuropathischer Schmerz (DFNS) hat eine Messmethode etabliert, die den Funktionszustand des somatosensorischen Systems durch kalibrierte Reize und subjektive Empfindungsangaben analysiert (Mücke et al., 2014). Mit sieben Einzeltests und 13 Parameter wird das Vorhandensein sensibler Plus- oder Minuszeichen (z. B. Hyperalgesie, Hypästhesie) erfasst. Als Vergleich dient das nicht betroffene kontralaterale Körperareal (Zaslansky and Yarnitsky, 1998).

Tabelle 1: Quantitative sensorische Testung; Quelle: In Anlehnung (Mücke et al., 2014)

Klinische Zeichen	Definition	Quantitative sensorische Testung
Hyperalgesie	Erhöhte Schmerzempfindlichkeit	
- Für Hitze	... der Haut	Hitzereiz mittels Thermotester
- Für Kälte	... der Haut	Kältereiz mittels Thermotester
- Für Nadelreize	... der Haut	Kalibrierte Nadelreize
- Für stumpfen Druck	... tiefere Gewebe	Druckalgometer
Allodynie	Schmerz als Antwort auf nicht-nozizeptive Reize	Pinsel, Wattebausch, Wattestäbchen zum Bestreichen der Haut
Hypästhesie	Verminderte Empfindlichkeit für nicht-schmerzhafte Reize	Leichter Kältereiz mittels Thermotester, leichter Wärmereiz mittels Thermotester, von-Frey-Filamente, kalibrierte Stimmgabel

Hypalgesie	Verminderte Empfindlichkeit für schmerzhaft Reize	Kälte-/ Hitzereiz mittels Thermotester, kalibrierte Nadelreize, Druckalgometer
-------------------	---------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

Zur Definition individueller Wahrnehmungs- und Schmerzschwellen stehen die „Levels-“ und die „Limits-Methode“ zur Verfügung. Bei der Levels-Methode werden Reize unterhalb und oberhalb der Wahrnehmungs- oder Schmerzschwelle wiederholt, während bei der Limits-Methode die Reizstärke kontinuierlich ansteigt. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Die thermische Testung mit computergestützten Thermotestern dient der Analyse der Funktionalität dünn myelinisierter A δ -Fasern und nicht-myelinisierter C-Fasern. Mit der Limits-Methode werden Parameter für die Kaltschwelle, Warmschwelle, thermische Unterschiedsschwelle für paradoxe Hitzeempfindungen sowie für die Kälte- und Hitzeschmerzschwelle erfasst (Mücke et al., 2014).

Zur Erfassung der mechanischen Detektionsschwelle der A β -Fasern werden von Frey-Filamente aus Glasfaserfilamenten mit unterschiedlichem Durchmesser und unterschiedlicher Länge sowie mit einer kugelförmiger Kontaktfläche empfohlen (Fruhstorfer et al., 2001). Zur Bestimmung der mechanischen Detektionsschwelle wird aus fünf gerade über- und unterschwelligen Reizstärken (Levels-Methode) der Mittelwert ermittelt.

Zur Untersuchung der mechanischen Schmerzschwelle werde stumpfe, kreisförmige 0,25 mm große Nadelreizstimulatoren mit festen Stimulationsintensitäten verwendet. Der Mittelwert wird mit der Levels-Methode berechnet.

Eine potenziell vorliegende mechanische Allodynie wird mit einem Wattestäbchen, einem weichen Pinsel und einem Wattebausch (Tabelle 1) nachgewiesen. Die Patienten/ -innen ordnen ihre Wahrnehmungen auf einer numerischen Schätzsкала von 0 („kein Schmerz“) bis 100 („stärkster Schmerz“) ein.

Zur Ermittlung der Vibrationsschwelle wird eine Rydel-Seiffer-Stimmgabel auf das Testareal aufgesetzt. Die Patienten/ -innen geben an, wann sie die Schwingungen nicht mehr spüren. Dabei wird die Reizintensität auf einer Skala notiert. Nach dreimaliger Wiederholung wird der Mittelwert der Schwellenwerte berechnet.

Mit einem Druckalgometer wird stufenweise der Druck erhöht, um die Druckschmerzschwelle zu bestimmen (Rolke et al., 2006). Der Mittelwert wird nach drei Wiederholungsmessungen berechnet.

In den Normwert-Datenbanken des DFNS sind alters- und geschlechtsspezifische Referenzdaten gelistet (Magerl et al., 2010). Bei Abweichungen von der Norm können durch Normierung mithilfe von z-Werten Sensibilitätsprofile erstellt werden.

Wichtig für die Validität der Ergebnisse des QST ist die aktive Mitarbeit des/der Patienten/ -in und das Einhalten der standardisierten Untersuchungstechnik.

Eine Höhenlokalisierung und ätiologische Zuordnung der Läsion ist mithilfe dieses Testverfahrens nicht möglich (Diener and Steinmetz, 2019).

Alternativ können in der Praxis zur Analyse einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis verschiedene qualitative sensorische Tests durchgeführt werden. Dazu zählen federleichte Berührungen, Nadelstiche, thermische Reize, Spitz/Stumpf-Differenzierung und Zweipunktdiskrimination (Robinson, 1988) beispielsweise mit zahnärztlichen Sonden und erhitzten / gekühlten Metallinstrumenten.

Hillerup und Jensen (2006) untersuchten zudem den Geschmackssinn ihrer Patienten/ -innen über die Erkennung von süß, salzig, sauer und bitter.

Zur Differenzierung des Schweregrads der Funktionsstörung werden objektive neurologische Verfahren eingesetzt. Sie dienen der Verlaufskontrolle, der Indikationsstellung für mikrochirurgische Maßnahmen, der Dokumentation und als Entscheidungshilfe bei gutachterlichen Fragestellungen. Zu diesen Verfahren gehören die Ableitung von somato-sensorisch evozierten Trigeminiuspotenzialen (SSEP) (Blackburn, 1992), der „Pain and Thermal Sensitivity Test“ (Path-Test) und thermografische Verfahren.

Nach der Diagnose sollte – in Abhängigkeit vom Ausmaß und von der Symptomatik des/der Patienten/ -in – schnellstmöglich mit der Schmerzlinderung und Rehabilitation begonnen werden (Renton and Yilmaz, 2012). Realistische Therapieziele bei neuropathischen Schmerzen sind:

- Schmerzreduktion um ≥ 30 %
- Verbesserung der Schlafqualität
- Verbesserung der Lebensqualität
- Verbesserung der Funktionalität

Bei den Therapiezielen ist der/ die Patienten/ -in mit einzubeziehen, da die Therapie nicht immer zur Schmerzfreiheit führt oder nicht tolerierbare Nebenwirkungen auftreten können (Diener and Steinmetz, 2019).

Bei einer temporären Kompression eines Nervs durch ein Hämatom können in den ersten zehn Tagen orale Kortikosteroide verschrieben werden (Moon et al., 2012). Auch zur Reduktion von Entzündungsreaktion des Immunsystems können Kortikosteroide sinnvoll sein (Graff-Radford and Evans, 2003).

Bei neuropathischen Schmerzen ist die lokale Applikation von Lidocain-Pflastern (5 %) möglich (Renton and Yilmaz, 2012). Lidocain blockiert spannungsabhängige Natriumkanäle und verhindert somit die Entstehung von ektopten Aktionspotenzialen.

Beim Burning-mouth-Syndrom sind auch Clonazepam-Lutschtabletten (0,5–1,0 mg, dreimal täglich) wirksam (Graff-Radford and Evans, 2003).

Capsaicin (Wirkstoff des Chilipeffers) ist ein natürlicher Ligand des TRPV1-Rezeptors (transient receptor potential cation channel subfamily V member 1) (Derry et al., 2017). Diese Rezeptoren befinden sich hauptsächlich an nozizeptiven Neuronen des peripheren Nervensystems und wirken an der Modulation sowie Übertragung von Schmerzstimuli mit. Capsaicin (8 %) kann als Pflaster zur Therapie von neuropathischen Schmerzen angewendet werden (van Nooten et al., 2017).

Antikonvulsiva wie Gabapentin und Pregabalin binden mit hoher Affinität an $\alpha 2\text{-}\delta$ -Untereinheiten der spannungsabhängigen Calciumkanäle auf nozizeptiven Neuronen und vermindern somit den aktivierenden Calciumeinstrom (Binder and Baron, 2016).

In den Neuropathic Pain SIG (NeuPSIG) Empfehlungen wird der Einsatz von Gabapentin (Tagesdosis von 1200–3600 mg, 1-1-1) sowie Pregabalin (Tagesdosis von 300–600 mg, 1-0-1) empfohlen (Finnerup et al., 2015). Die Patienten/ -innen sollten vor Therapiebeginn über mögliche Nebenwirkungen wie Schläfrigkeit, Schwindel, periphere Ödeme sowie Gangstörungen und Ataxie aufgeklärt werden (Diener and Steinmetz, 2019). Carbamazepin ist ein Antikonvulsivum, das die Spontantätigkeit spannungsabhängiger Natriumkanäle auf nozizeptiven Neuronen im zentralen und peripheren Nervensystem vermindert (Diener and Steinmetz, 2019). Aufgrund der geringen Evidenz für seine Effektivität, der starken Nebenwirkungen (z. B. Hyponatriämie, Herzrhythmusstörungen) und der Arzneimittelinteraktionen (Thomas and Atkinson, 2018) wird Carbamazepin zur Therapie von neuropathischen

Schmerzen Carbamazepin nicht generell empfohlen, sondern bleibt eine Einzelfallentscheidung.

Auch trizyklische Antidepressiva (z. B. Amitriptylin) können die Symptomatik bei neuropathischen Schmerzen abmildern (Clark, 2008). Sie binden an Noradrenalin- und Serotonin (5-HT)-Transporter und hemmen die Wiederaufnahme dieser Neurotransmitter, wodurch sich deren Konzentration im synaptischen Spalt erhöht. Noradrenalin bindet an alpha2-adrenerge Rezeptoren im Hinterhorn des Rückenmarks und beeinflusst den Locus caeruleus. Dadurch werden absteigende noradrenerge inhibitorische Bahnen aktiviert (Diener and Steinmetz, 2019, Finnerup et al., 2010). Außerdem blockieren trizyklische Antidepressiva Natriumkanäle (Dick et al., 2007). In der Literatur finden sich zusätzliche Wirkmechanismen. Verschiedene Studien beurteilen trizyklische Antidepressiva bei neuropathischen Schmerzen als effektiv. Der Evidenzgrad der Studien wird jedoch aufgrund kleiner Patientenzahlen und mangelnder Vergleiche mit anderen Substanzen als gering eingeschätzt (Finnerup et al., 2005, Waldfogel et al., 2017). Die Dosierung ist individuell abzuwägen. Zu den Nebenwirkungen zählen Sedierung, Vergesslichkeit, Schwindel, Tremor sowie kardiale Nebenwirkungen (Diener and Steinmetz, 2019).

Zahnärzte/ -innen dürfen Antikonvulsiva und Antidepressiva nicht verschreiben und sollten daher mit den Hausärzten/ -innen der Patienten/ -innen zusammenarbeiten.

Laut Literatur ist auch die Einnahme von Vitamin-B-Präparaten förderlich. Die Wirkung auf die Regenerationszeit ist jedoch umstritten (Höhmann et al., 2002).

Chronische neuropathische Schmerzen gehen teilweise mit psychischen Symptomen einher, daher können begleitende psychotherapeutische Interventionen hilfreich sein. Entscheidend für den Gesamterfolg einer schmerzmedizinischen Behandlung ist eine verbesserte Akzeptanz sowie eine höhere Compliance und Lebensqualität der Patienten/- innen. Mithilfe von psychotherapeutischen Methoden können die Patienten/ -innen lernen, ihre schmerzverstärkenden Einstellungen und Verhaltensweisen zu verändern sowie eigenverantwortlich und bewältigend mit ihren Schmerzen umzugehen (Diener and Steinmetz, 2019). Der Erfolg einer Schmerzreduktion ist jedoch aufgrund der Datenlage nicht belegbar (Miziara et al., 2009, Eccleston et al., 2015).

Das Mittel der Wahl bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie ist die konservative Behandlung.

2.9 Funktionsstörung aufgrund anderer Ursachen

Die operative Entfernung eines Weisheitszahnes im Unterkiefer ist einer der häufigsten Eingriffe in der Oralchirurgie und die häufigste Ursache für eine Schädigung des N. lingualis (Pippi et al., 2017). In der Literatur wird die Häufigkeit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior durch die Extraktion eines Weisheitszahnes im Unterkiefer mit Werten zwischen 0,5 % und 5,5 % unterschiedlich beziffert (Alling III, 1986) (Black, 1997) (Carmichael and McGowan, 1992) (Kipp et al., 1980, Rood and Shehab, 1990). Die Rate der Funktionsstörung des N. lingualis liegt zwischen 0,06 % und 11,5 % (Blackburn, 1992) (Fielding et al., 1997).

In einer prospektiven Studie mit 791 Weisheitszahnextraktionen im Unterkiefer zeigten 1,3 % (n = 10) bzw. 1,9 % (n = 15) der Patienten/ -innen eine vorübergehende Sensibilitätsstörung des N. alveolaris inferior bzw. des N. lingualis. Die Inzidenz einer Funktionsstörung war mit 7,9 % bei Zystektomien am höchsten (Schultze-Mosgau and Reich, 1993).

Iatrogene Sensibilitätsstörungen des N. alveolaris inferior oder N. lingualis können durch postoperative Ödeme und Hämatome oder durch eine Wundinfektion verursacht werden. Bei einer Hebelluxation des Zahnes kann der Nerv durch den Hebel selbst oder durch die dissoziierende Wurzel stumpf traumatisiert werden. Bei einem interradiikulären Verlauf oder einer komplexen Zahnentfernung (tiefreichende Osteotomie, mehrfache Zahnzerteilung oder Wurzelseparation) erhöht sich das Risiko einer Schädigung des N. alveolaris inferior. Sensibilitätsstörungen treten häufiger im Erwachsenenalter auf. In einer Studie lag die Inzidenz bei Patienten/ -innen unter dem 25. Lebensjahr deutlich niedriger; bei Patienten/ -innen über dem 35. Lebensjahr war sie um das 3,3-Fache erhöht (Gülicher and Gerlach, 2000). Bei Benutzung eines Bohrers während der Osteotomie ist eine Durchtrennung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis durch das Abgleiten des Bohrers möglich (Kipp et al., 1980).

Eine retrospektive Studie widerlegte die These einer Korrelation des Risikos einer Nervenschädigung mit der Erfahrung des Behandlers. Danach kann ein/ eine gut ausgebildeter/ ausgebildete Assistenzarzt/ -ärztin in der Facharztausbildung zum/ zur Oralchirurgen/ -in ohne erhöhtes Risiko für eine sensorische Trigeminusstörung einen chirurgischen Eingriff durchführen (Deppe et al., 2015).

Bei einer Schädigung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis durch einen chirurgischen Eingriff (z. B. Weisheitszahnentfernung) empfehlen manche Autoren/-innen bei ausbleibender Besserung der Symptomatik nach drei bis sechs Monaten einen explorativen chirurgischen Eingriff ((Renton and Yilmaz, 2012).

Zu den chirurgischen Methoden einer Korrektur von Nervenschäden gehört die direkte Nervenkoaptation (Cornelius et al. 1997), die Rekonstruktion mit autologen Transplantaten (Venen, N. suralis / N. auricularis magnus) (Cornelius et al. 1997, Pogrel und Maghen 2001) und die externe Dekompression des N. alveolaris inferior (Bagheri et al. 2012).

Auch Implantationen im Unterkiefer können Nervenschäden verursachen. Die Inzidenz einer Sensibilitätsveränderung nach einer Implantation im Unterkiefer wird in der Literatur variabel mit 0,13–37 % beziffert (Ellies 1992, Vazquez et al. 2008). Bei 91 % der Betroffenen kehrt die normale Empfindung nach spätestens einem Jahr zurück (Lin et al. 2016). Der N. alveolaris inferior kann intraoperativ und postoperativ durch den Implantatbohrer, das Implantat selbst, Knochentrümmer, Kompressionen, Druck und durch weitere Faktoren verletzt werden (Juodzbaly et al. 2011). Der N. lingualis und N. mentalis dürfen durch die Schnitfführung nicht verletzt werden. Das Komplikationsrisiko lässt sich durch eine ausführliche präoperative Diagnostik, ein geeignetes bildgebendes Verfahren (Digitales Volumetomogramm), den Einsatz von Bohrschablonen und durch die richtige Technik minimieren (Burstein et al. 2008). Bei Verdacht auf eine Funktionsstörung sollten innerhalb von 36 Stunden nach der Operation die neurosensorischen Befunde dokumentiert werden. Für eine adäquate Behandlung ist die Ursache der Funktionsstörung, die Lokalisation der Läsion und der Schweregrad der Läsion relevant (Misch und Resnik 2010).

Das Risiko einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior nach einer endodontischen Behandlung durch Überinstrumentation oder Überfüllung der Wurzelkanäle ist im Vergleich zur operativen Entfernung eines Weisheitszahnes im Unterkiefer geringer. Die daraus resultierenden mechanischen, chemischen und thermischen Reize können aber schwerwiegende Komplikationen zur Folge haben. Vor allem Zemente mit Paraformaldehyd besitzen ein hohes neurotoxisches Risiko (Kämmerer et al. 2015a). Die geschätzte Inzidenz liegt bei circa 1 % bei Unterkieferprämolaren. Die meisten Fälle traten bei den zweiten Molaren des Unterkiefers auf, da dort die Distanz zwischen dem Apex und dem Canalis mandibulae häufig < 1 mm beträgt (Kämmerer et al. 2015a). Kämmerer et al. empfehlen eine

frühzeitige Entfernung der störenden Materialien durch eine apikale Kürettage mit oder ohne Wurzelspitzenresektion. Eine chirurgische Revision sollte innerhalb der ersten zwölf Monate nach der Verletzung erfolgen. Bei Ablehnung eines chirurgischen Vorgehens ist eine medikamentöse Therapie mit Prednisolon und Pregabalin möglich, jedoch ist die Datenlage zur Wirksamkeit dieser Medikamente lückenhaft. Bei einer mechanischen Schädigung ist eine frühzeitige mikrochirurgische Rekonstruktion das Mittel der Wahl (Kämmerer et al. 2015a).

Frakturen des Unterkiefers gehören zu den häufigsten Frakturen des Gesichtsschädels und sind oft mit Verletzungen im Bereich des N. alveolaris inferior verbunden. Durch die Kontinuitätsunterbrechung des Unterkiefers ist auch der Canalis mandibulae betroffen. Die häufigsten Ursachen sind Rohheitsdelikte (38,6 %) und Stürze (27,3 %) (Depprich et al. 2007). Neurologische Untersuchungen des N. alveolaris inferior und des N. mentalis zeigten bei konservativ behandelten Patienten/-innen signifikant bessere Ergebnisse. Jedoch waren die funktionellen Ergebnisse nach einer operativen Behandlung deutlich besser. Daher empfehlen die Autoren/-innen bei fehlenden Kontraindikationen bei einer Unterkieferfraktur eine operative Behandlung (Reinhart et al. 1996).

3 Methodik

3.1 Befragung der Zahnärzte/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen

Für die Befragung der Zahnärzte/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen aus Rheinland-Pfalz wurde ein Fragebogen mit 21 Fragen erstellt. Der Fragebogen war für alle Teilnehmer/ -innen identisch. Kieferorthopäden/ -innen wurden nicht in die Analyse einbezogen, da sie kaum Leitungsanästhesien bei ihren Patienten/ -innen durchführen.

Für die Studie lag ein positives Votum der Ethikkommission der Landeszahnärztekammer Rheinland-Pfalz vor.

Die E-Mail-Adressen der Praxen in Rheinland-Pfalz wurden den Homepages der Praxen entnommen. Die Praxen wurden zufällig auf der Seite der Landeszahnärztekammer Rheinland-Pfalz unter „Zahnarztsuche“ ausgewählt. Die Teilnehmer/ -innen konnten zwischen einem digitalen (Onlineverfahren) oder analogen (Papier) Fragebogen wählen.

Die Kollegen/ -innen aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurden persönlich angesprochen und gebeten, den Papierfragebogen auszufüllen. Die Mitarbeiter/ -innen wurden vor Beginn der Befragung auf der Homepage der Universitätsmedizin ausgewählt.

Ziele der Befragung waren zum einen die Untersuchung des Wissensstands der Befragten zur Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie und zum anderen die Evaluation der Häufigkeit der Durchführung einer adäquaten Diagnostik und Therapie bei einer Funktionsstörung der beiden Nerven. Zudem sollte die Häufigkeit des Auftretens von Patienten/ -innen mit einer reversiblen oder irreversiblen Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis ermittelt werden.

Bei der Auswertung wurden zudem potenziell auftretende Unterschiede zwischen den chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen (inkl. MKG-Chirurgen/ -innen) und den Zahnärzten/ -innen analysiert.

3.1.1 Durchführung

Zur Generierung des Fragebogens wurde das Programm EvaSys der „Electric Paper Evaluationssysteme GmbH“ verwendet. Da es sich bei der vorliegenden Untersuchung um eine Hybridumfrage aus einer Kombination von Papier- und Onlineverfahren handelt, erhielten die Teilnehmer/ -innen per Serien-E-Mail eine TAN zur Teilnahme am Onlineverfahren und im Anhang einen auszudruckenden Papierfragebogen. Da keine Verbindung zwischen der TAN und den Teilnehmern/ -innen bestand, blieb die Teilnahme anonym. Für die Versendung der Serien-E-Mails über EvaSys legte das Zentrum für Datenverarbeitung der Johannes Gutenberg-Universität Mainz eine Funktionsmailbox unter der E-Mailadresse nervlaesion@uni-mainz.de an. Das Zentrum für Qualitätssicherung und -entwicklung der Johannes Gutenberg-Universität schaltete die Funktionsmailbox für EvaSys frei.

In der Studieninformation wurden die Teilnehmer/ -innen über die Ziele der Studie, den Fragebogen und über die freiwillige Teilnahme aufgeklärt. Zusätzlich wurden sie auf die Anonymität, die vertrauliche Behandlung der Daten gemäß dem deutschen Datenschutzstandard und auf ihre Widerrufsrechte hingewiesen.

Nach Abschluss der Befragung und Einwilligung war es den Teilnehmern / -innen nicht mehr möglich, ihre Teilnahme zu widerrufen, da die Daten nicht einzelnen Personen zugeordnet werden konnten. Teilnehmer/ -innen, die sich für den Papierfragebogen entschieden, wurden in der Studieninformation darauf hingewiesen, keine Absenderadresse auf den Briefumschlag zu notieren, um ihre Anonymität zu gewährleisten. Die Teilnehmer/ -innen mussten den Papierfragebogen eigenständig ausdrucken und per Post verschicken.

EvaSys kodierte die Daten aus dem Onlineverfahren in einen Zahlenschlüssel und erfasste die erhobenen Daten in einer SPSS-Tabelle. Die Daten aus den Papierfragebögen wurden der SPSS-Tabelle händisch hinzugefügt.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mithilfe des SPSS Statistics 23 V5 R Programms der Firma IMB. Das Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Johannes Gutenberg-Universität Mainz stellte die Software zur Verfügung und begleitete in beratender Funktion die Durchführung und statistische Auswertung der Studie.

Für die deskriptive Darstellung der Ergebnisse des Gesamtkollektivs wurden für kategoriale Variablen absolute und relative (prozentuale) Häufigkeiten berechnet und für quantitative bzw. ordinale Variablen Median, Mittelwert, Minimum und Maximum.

Zusätzlich wurden potenzielle Unterschiede zwischen den chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen (Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen) und den Zahnärzten/ -innen analysiert. Im Sinne einer explorativen Datenanalyse wurden kategoriale Variablen mit Hilfe von Kontingenztafeln (Kreuztabellen) und dem Chi-Quadrat-Test untersucht. P-Werte $< 0,05$ wurden als signifikant auffällig interpretiert.

Die in der vorliegenden Arbeit enthaltenen Säulendiagramme zur Darstellung der Häufigkeitsverteilungen wurden mittels Microsoft Excel 365 erstellt.

3.1.2 Fragebogen

Zur Anwendung wurde ein Fragebogen (siehe Anhang) mit geschlossenen und offenen Fragen erstellt, bei denen auch Mehrfachantworten möglich waren.

Am Anfang des Fragebogens wurden die Teilnehmer/ -innen in der Studieninformation über die Studie informiert und konnten dann eine Einwilligungserklärung ankreuzen, die sich am Ende des Fragebogens wiederholte.

Der Fragebogen gliederte sich in sechs Abschnitte.

- **Abschnitt 1:** Die ersten sechs Fragen des Fragebogens thematisierten die Anzahl der Leitungsanästhesien pro Tag und die durch Leitungsanästhesien verursachten Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior und N. lingualis. In den Fragen wurde zwischen einer reversiblen und einer irreversiblen Funktionsstörung (irreversibel: > 12 Monate) sowie zwischen dem N. alveolaris inferior und N. lingualis differenziert.
- **Abschnitt 2:** Im zweiten Teil des Fragebogens wurde der Wissensstand der teilnehmenden Zahnmediziner/ -innen überprüft. In den geschlossenen Fragen wurden die Teilnehmer/ -innen nach ihnen bekannten Risikofaktoren für eine Funktionsstörung befragt. Zudem sollten sie angeben, welche Lokalanästhetika durch ihre Toxizität ein erhöhtes Risiko einer Nervenschädigung besitzen. Zudem sollten sie die Häufigkeit der aufgelisteten Ursachen einschätzen und dabei zwischen „sehr selten“, „selten“, „häufig“ und „sehr häufig“ wählen.

- **Abschnitt 3:** Im dritten Abschnitt wurden die Teilnehmer/ -innen gebeten, die Häufigkeit der Symptome einer Schädigung am N. alveolaris inferior und N. lingualis einzuschätzen.
- **Abschnitt 4:** Im vierten Teil des Fragebogens waren verschiedene Diagnosemethoden zur Untersuchung einer Nervenschädigung aufgelistet. Die Teilnehmer/ -innen sollten ankreuzen, welche Diagnosemethoden in ihrer Praxis zum Einsatz kommen. Weiter sollten sie angeben, ob sie die Therapie selbstständig durchführen oder ob sie die Patienten/ -innen an einen/ eine aufgelisteten/ aufgelistete Spezialisten/ -in überweisen. Die nächsten Fragen thematisierten die Zeitabstände zwischen den Verlaufskontrollen, die medikamentöse Therapie und die Dokumentation der Befunde.
- **Abschnitt 5:** Der fünfte Abschnitt analysierte die Erfahrung der Teilnehmer/ -innen mit der Betreuung von Patienten/ -innen mit einer Schädigung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis, die nicht auf eine Leitungsanästhesie zurückzuführen sind.
- **Abschnitt 6:** Im letzten Abschnitt befanden sich Angaben zu Kontrollgrößen des Fragebogens. Die Teilnehmer/ -innen beantworteten Fragen zum Umfeld der Praxis, zu ihrer potenziellen Tätigkeit in einer Klinik, zu ihrem Fachbereich, zum Zeitraum ihrer Berufserfahrung, zum Geschlecht und zum Lebensalter.

Insgesamt beinhaltet der Fragebogen 21 Fragen und sechs Angaben zur statistischen Auswertung.

4 Ergebnisse

4.1 Beschreibung des Kollektivs

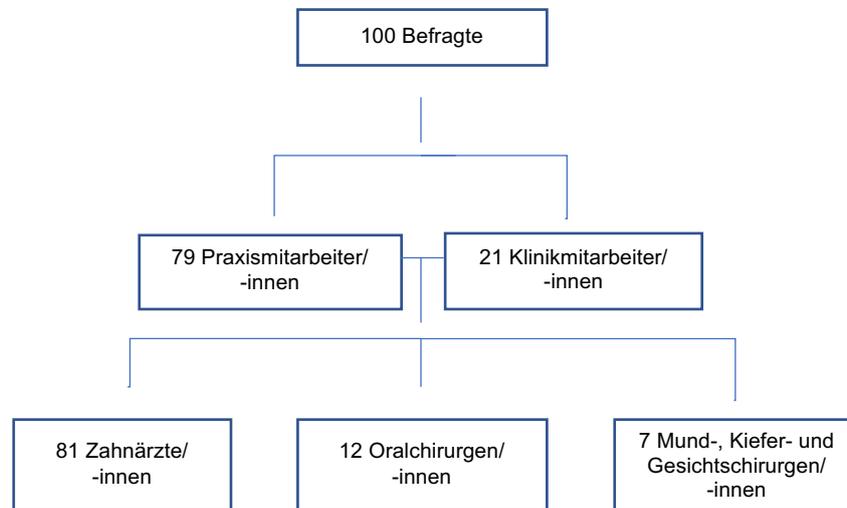


Abbildung 4: Teilnehmer/-innen

Für die Studie wurden insgesamt 818 willkürlich ausgewählte Praxen aus Rheinland-Pfalz kontaktiert. 79 Praxismitarbeiter/-innen sandten den ausgefüllten digitalen oder analogen Fragebogen zurück (Abbildung 4); davon nahmen 59 am Onlineverfahren teil. 44 Praxen befanden sich im ländlichen Umfeld und 35 im städtischen Umfeld.

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universitätsmedizin Mainz füllten von den 23 willkürlich ausgewählten persönlich angesprochenen Mitarbeiter/-innen 21 den Fragebogen aus.

Damit nahmen insgesamt 100 Teilnehmer/-innen an der Studie teil. Darunter waren 81 Zahnärzte/-innen, zwölf Oralchirurgen/-innen und sieben MKG-Chirurgen/-innen.

Zum Zeitpunkt der Evaluation lag das Lebensalter der Befragten zwischen 26 und 70 Jahren. Das mediane Lebensalter betrug 50 (SD \pm 11,5 Jahre). 13 Teilnehmer/-innen machten keine Angaben zum Lebensalter.

An der Studie nahmen 29 Frauen und 69 Männer teil. Zwei Teilnehmer/-innen gaben kein Geschlecht an.

4.2 Häufigkeit der durchgeführten Leitungsanästhesien und der assoziierten Funktionsstörungen

4.2.1 Tägliche Anzahl der Leitungsanästhesien im Unterkiefer

Von den 100 Befragten führten 80 % bis zu siebenmal täglich Leitungsanästhesien am N. alveolaris inferior und N. lingualis durch (Abbildung 5). Am häufigsten wurde die Antwortmöglichkeit „einmal bis dreimal täglich“ angekreuzt (41 %). 3 % der Teilnehmer/ -innen gaben an, keine Leitungsanästhesie im Unterkiefer zu nutzen.

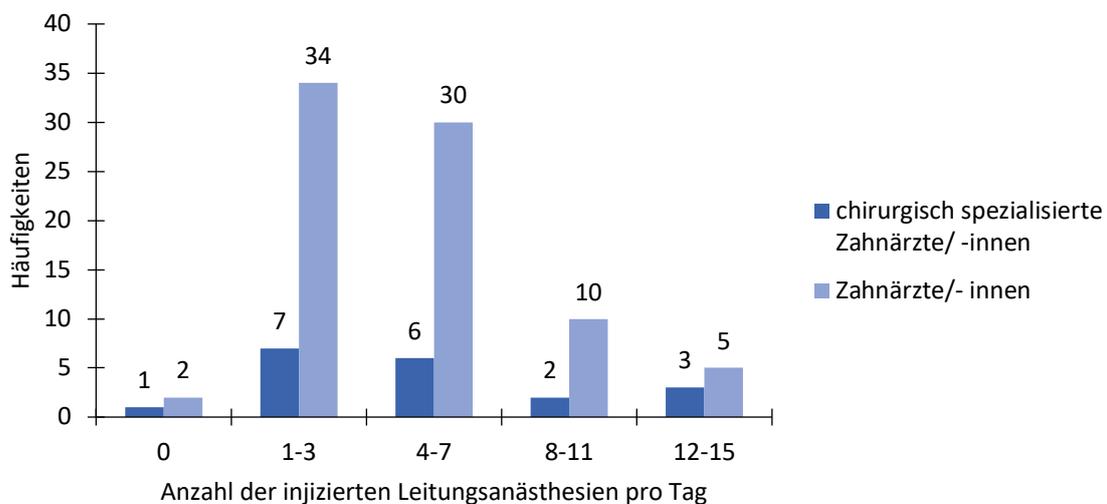


Abbildung 5: Anzahl der täglich durchgeführten Leitungsanästhesien am N. alveolaris inferior und N. lingualis

4.2.2 Leitungsanästhesie-assoziierte Funktionsstörungen

Bei 55 % der Befragten war während ihrer Berufsausübung bei mindestens einem/ einer Patienten/ -Patientin eine reversible Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie aufgetreten.

Von den 45 Teilnehmer/ -innen, in deren Patientengut es bereits zu einer reversiblen Funktionsstörung des N. alveolaris gekommen war, kreuzten 69 % an, dass dies ein- bis zweimal der Fall war (Abbildung 6).

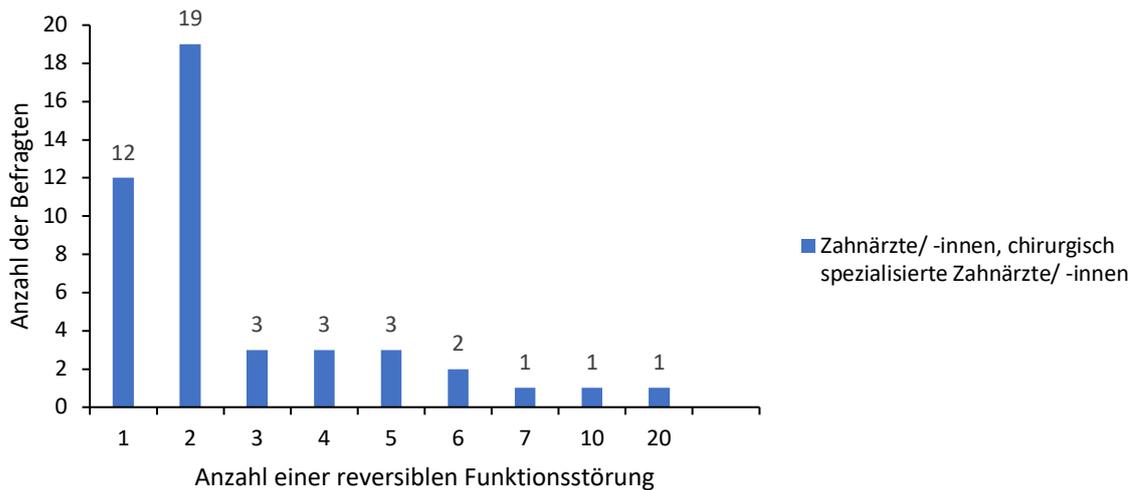


Abbildung 6: Häufigkeit einer reversiblen Funktionsstörung des N. alveolaris inferior durch eine Leitungsanästhesie während der Berufsausübung

Bei den restlichen 31 % waren Funktionsstörungen bei drei oder mehr Patienten/-innen aufgetreten. Die maximale Anzahl derartiger Komplikationen lag bei 20 (n = 1).

Die 39 Teilnehmer/-innen, bei denen es bereits zu einer reversiblen Funktionsstörung des N. lingualis im Rahmen ihrer Berufsausübung gekommen war, waren bei etwa drei Viertel (77 %) solche Fälle ein- bis dreimal aufgetreten (Abbildung 7).

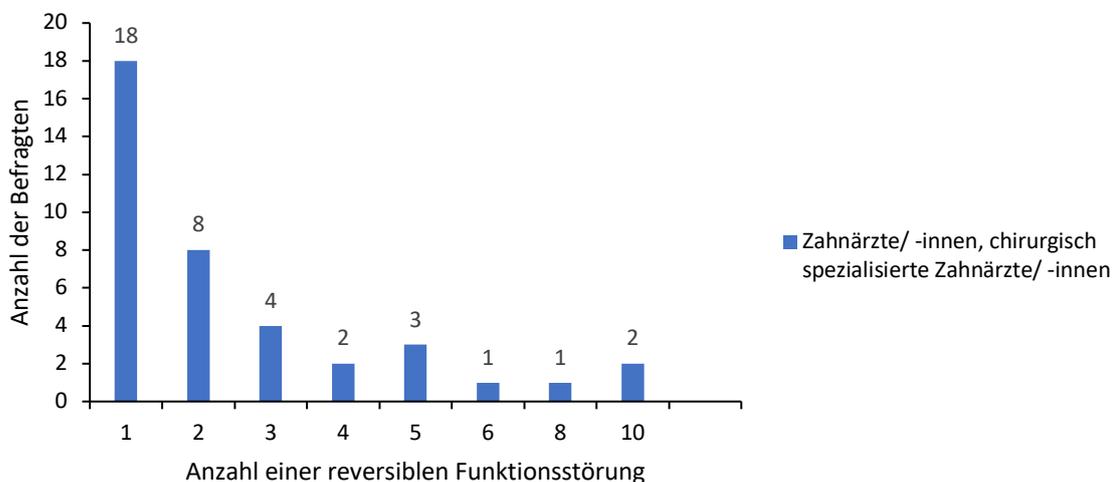


Abbildung 7: Häufigkeit einer reversiblen Funktionsstörung des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie während der Berufsausübung

Bei einem Viertel (23 %) war es in vier oder mehr Fällen zu einer reversiblen Funktionsstörung des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie gekommen. Die maximale Anzahl der betroffenen Patienten/-innen lag bei zehn, diese Antwortmöglichkeit wurde von zwei Teilnehmern/-innen angekreuzt.

Im Gesamtkollektiv gaben zwölf Teilnehmer/ -innen an, in ihrer Berufslaufbahn mindestens eine irreversible Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis bei einem/ einer Patienten/ -in erlebt zu haben.

Bei der differenzierten Analyse der Antworten zeigte sich, dass diese zwölf Teilnehmer/ -innen alle Zahnärzte/ -innen waren. Damit betrug der Anteil der Zahnärzte/ -innen mit Erfahrungen mit einer irreversiblen Funktionsstörung nach einer Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior oder N. lingualis bei ihren Patienten/ -innen etwa ein Siebtel.

Bei fünf Zahnärzten/ -innen hatten die Patienten/ -innen eine irreversible Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und bei sechs eine irreversible Funktionsstörung des N. lingualis erlitten (Tabelle 2).

Tabelle 2: Von einer irreversiblen Funktionsstörung betroffene Nerven (Definition der irreversiblen Funktionsstörung: Dauer >12 Monate)

Funktionsstörung	Anzahl der Zahnärzte/ -innen
N. alveolaris inferior	5
N. lingualis	6
Gesamt	11

4.3 Wissensstand über mögliche Risikofaktoren sowie Ursachen

4.3.1 Mögliche Risikofaktoren einer Nervenschädigung

Im zweiten Abschnitt des Fragebogens sollten die 100 Teilnehmer/ -innen die ihnen bekannten Risikofaktoren für eine Schädigung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie ankreuzen (Abbildung 8).

Die drei bekanntesten Risikofaktoren waren „anatomische Variationen bei der Größe und der Position des N. alveolaris inferior und N. lingualis“ (n = 89), die „Injektionstechnik“ (n = 78) und die „mehrfache Leitungsanästhesie“ (n = 76). Der Hälfte der Teilnehmer/ -innen war bewusst, dass „Schmerzen während der Injektion“ (n = 54) und „ungeeignete Injektionskanülen“ (n = 48) weitere Risikofaktoren darstellen. Eine geringe Anzahl der Befragten identifizierten die „Injektion unter Narkose“ (n = 37), die „Injektion hochprozentiger Lokalanästhesielösungen“ (n = 25)

und „neuropathische Störungen“ (n = 18) als Risikofaktoren. Nur fünf Teilnehmer/-innen wussten, dass Frauen ein höheres Risiko tragen als Männer.

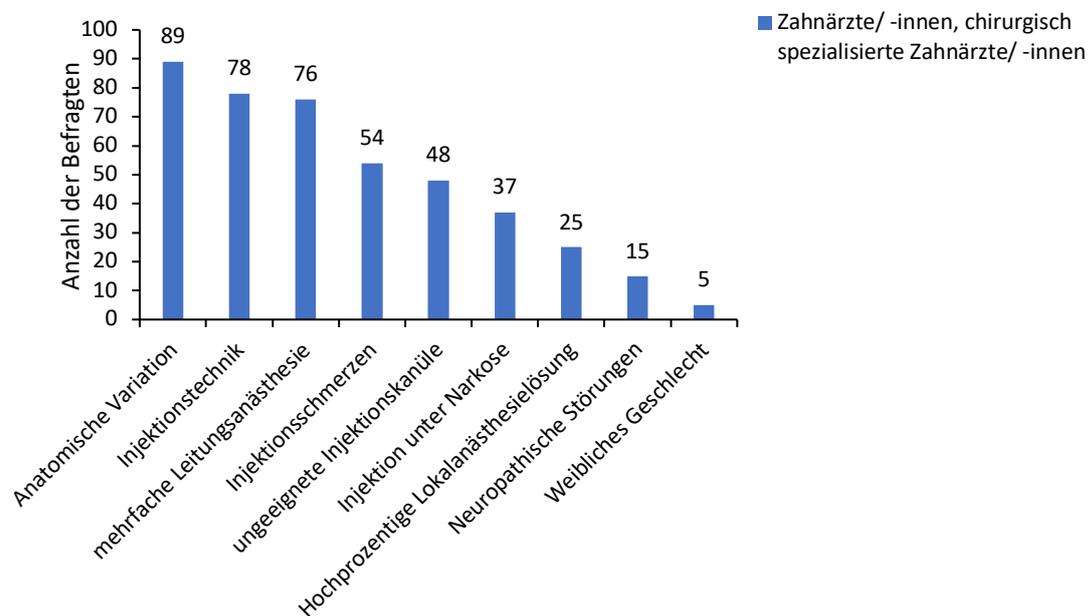


Abbildung 8: Mögliche Risikofaktoren einer Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie

Bei der Einteilung der Ergebnisse nach Fachrichtungen zeigte sich, dass 15 der 19 chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/-innen eine „Injektion unter Narkose“ als Risikofaktor identifizierten. Unter den 81 Zahnärzten/-innen kreuzten nur 22 diesen Parameter als Risikofaktor an (Abbildung 9).

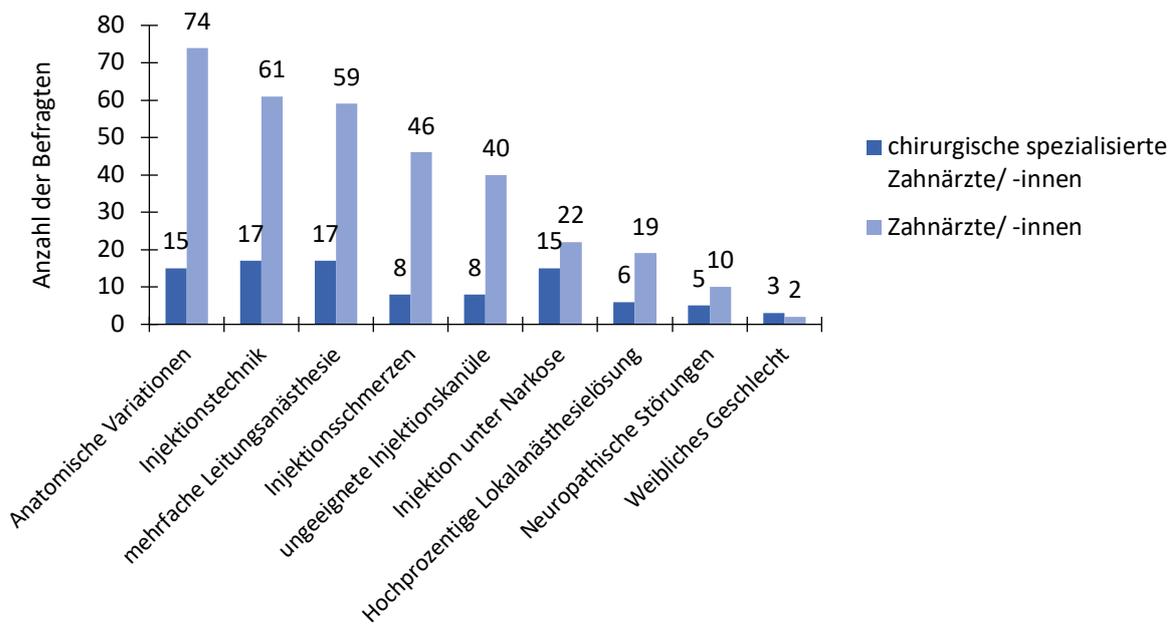
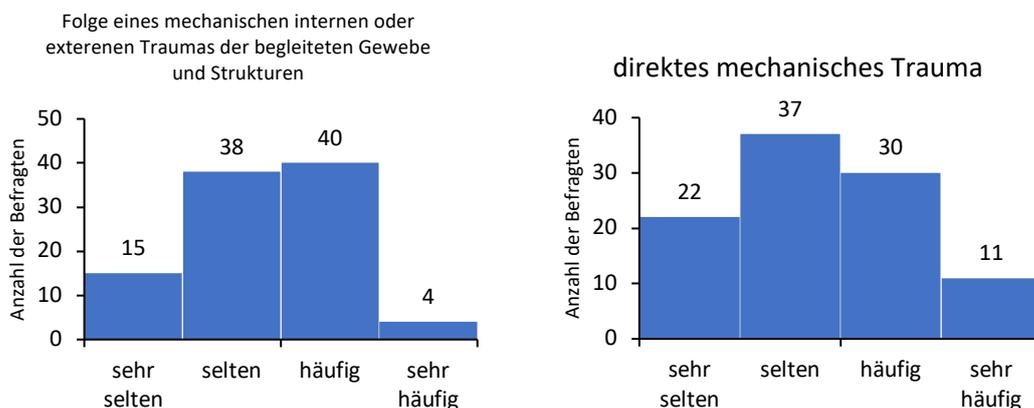


Abbildung 9: Kenntnisse von chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/-innen und Zahnärzten/-innen über Risikofaktoren für eine Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie

4.3.2 Einschätzung der Ursachen nach der Häufigkeit

Die Balkendiagramme (Abbildung 10) zeigen, dass die Teilnehmer/-innen „mechanische externe und interne Traumata der begleitenden Gewebe und Strukturen (z. B. Hämatom, Ödem)“ für die häufigste Ursache einer Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie hielten (n = 97).

Als weiteren häufigen Grund nannten die Teilnehmer/-innen „direkte mechanische Traumata“ (n = 100). „Ischämien“ (n = 97), „toxische Effekte“ (n = 96) und „neurologische Vulnerabilitäten“ (n = 94) wurden in diesem Kontext eine geringe Bedeutung beigemessen.



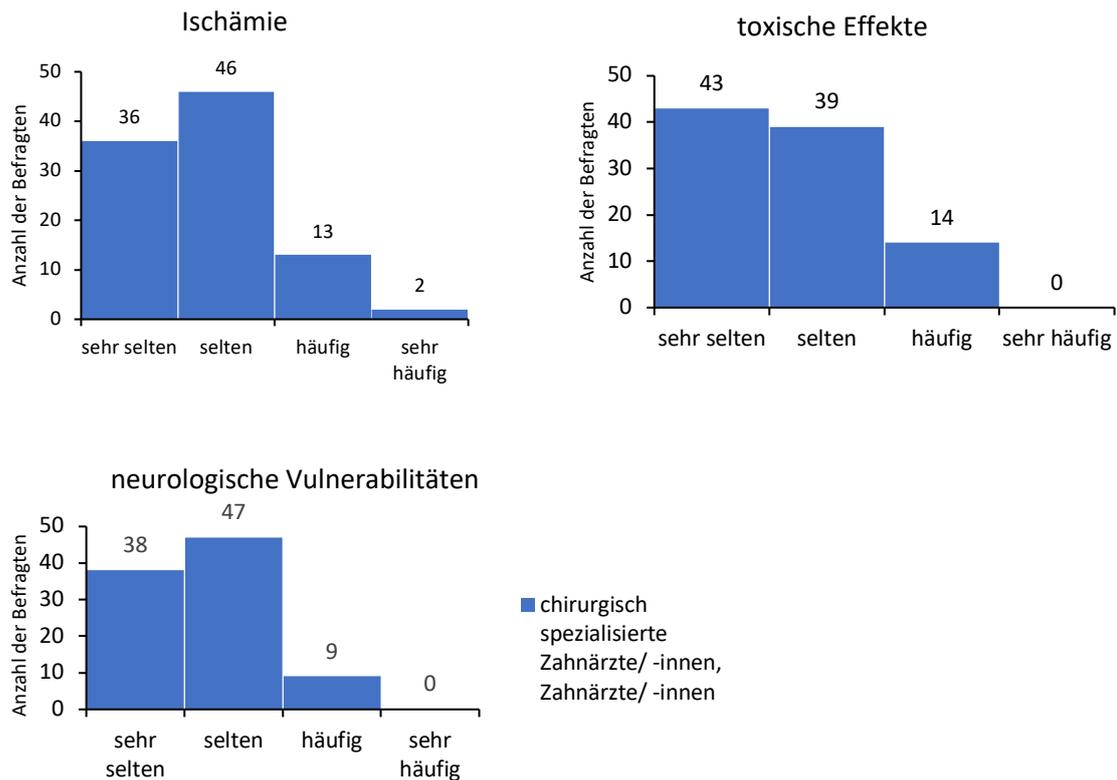


Abbildung 10: Einschätzung der Häufigkeit der Ursachen einer Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie

Bewertungsmöglichkeiten: sehr selten (1), selten (2), häufig (3), sehr häufig (4)

4.3.3 Toxizität der Lokalanästhetika

78 der 100 Befragten wählten aus den aufgelisteten Lokalanästhetika diejenigen aus, die nach ihrer Meinung aufgrund ihrer Toxizität ein erhöhtes Risiko für eine Nervenschädigung besitzen (Abbildung 11).

41 Teilnehmer/ -innen schätzten das Risiko bei Bupivacain als erhöht ein und 32 Teilnehmer/ -innen bei Prilocain. Lidocain und Articain wurden jeweils 21-mal angekreuzt. Zwölf Teilnehmer/ -innen ordneten Mepivacain ein erhöhtes Risiko zu.

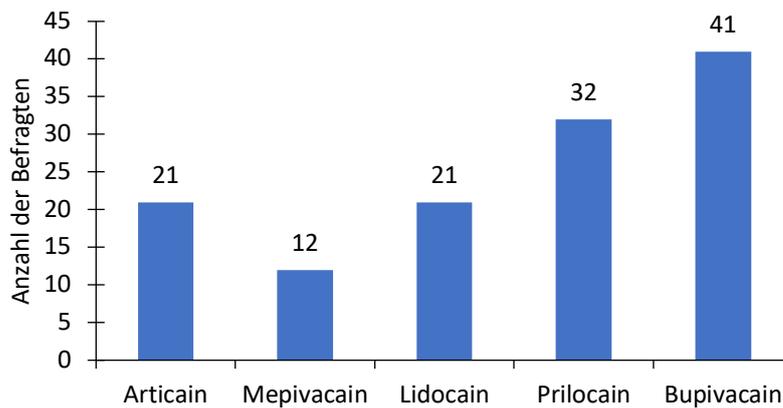


Abbildung 11: Einschätzung der Toxizität der Lokalanästhetika

4.4 Symptomatik bei einer Schädigung am N. alveolaris inferior oder N. lingualis

4.4.1 Symptomatik von Patienten/ -innen mit Schädigung des N. alveolaris inferior

Die Teilnehmer/ -innen teilten die aufgelisteten möglichen Symptome bei einer Schädigung des N. alveolaris inferior nach der Häufigkeit des Auftretens in „sehr selten“ (1), „selten“ (2), „häufig“ (3) und „sehr häufig“ (4) ein (Abbildung 12).

Die Teilnehmer/ -innen hielten den „Verlust bzw. die Reduktion der Sensibilität“ für ein häufiges Symptom bei einer vorübergehenden Schädigung des N. alveolaris inferior (n = 100). Das Auftreten „neurosensorischer Störungen“ schätzten die Teilnehmer/ -innen etwa gleich häufig ein (n = 98). Das Auftreten eines „Schwellungsgefühls“ bei einer Schädigung des N. alveolaris inferior wurde als selten eingestuft (n = 97). Ebenfalls selten kommen laut den befragten Teilnehmern/ -innen „Hyperalgesien oder Allodynien“ (n = 95) oder „spontane und provozierbare Schmerzen“ (n = 93) vor.

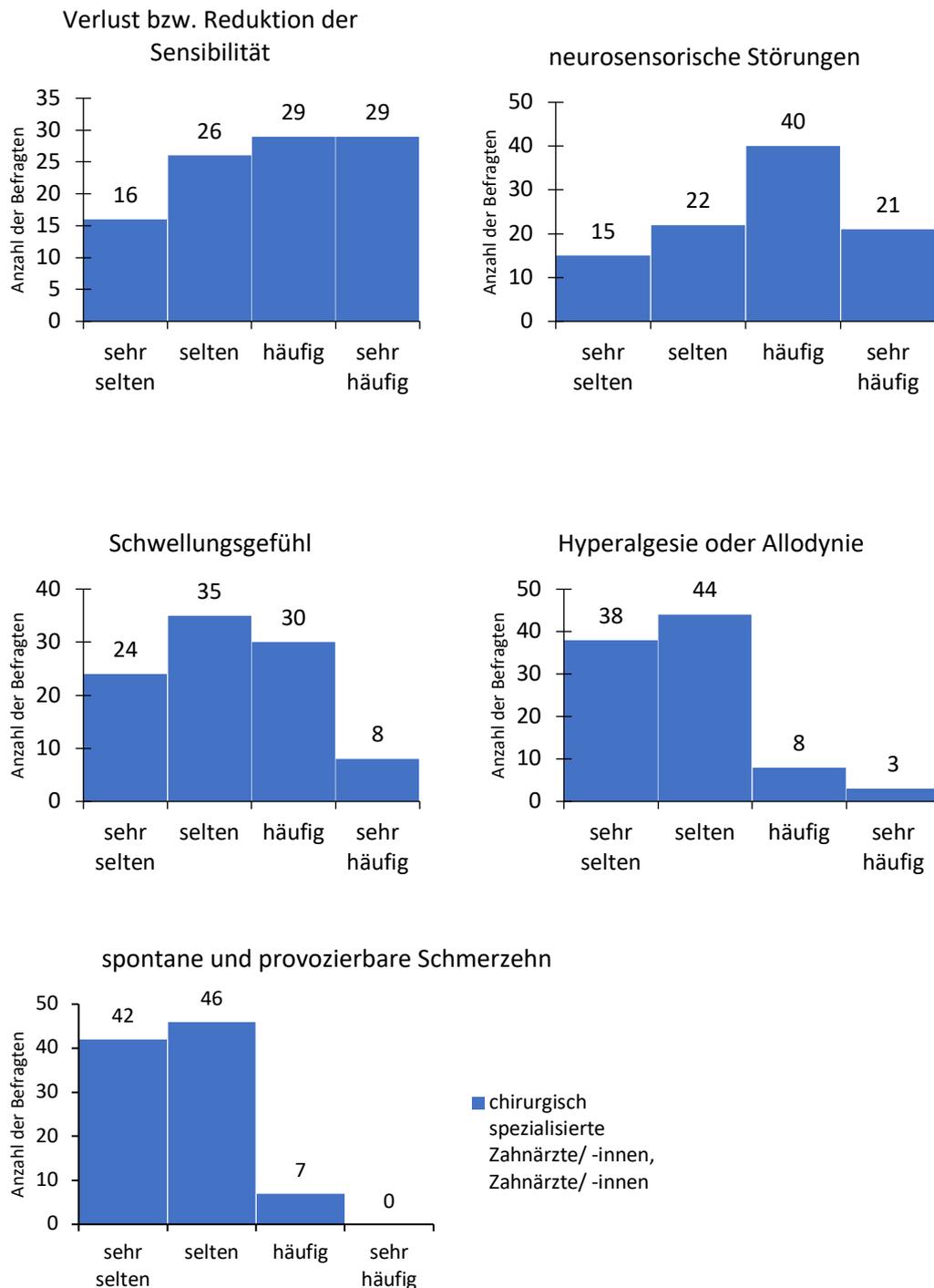


Abbildung 12: Einschätzung der Häufigkeit von Symptomen bei Patienten/-innen mit einer vorübergehenden Schädigung des N. alveolaris inferior

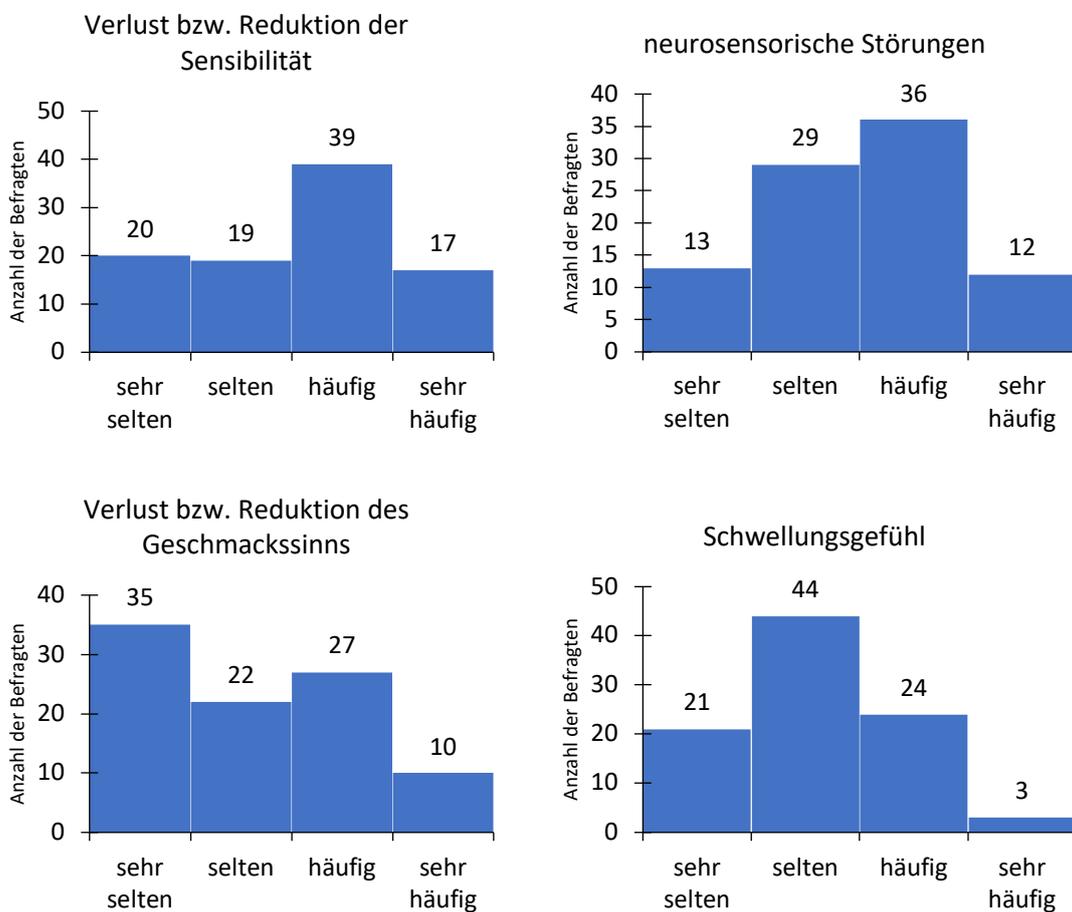
Bewertungsmöglichkeiten: sehr selten (1), selten (2), häufig (3), sehr häufig (4)

4.4.2 Symptomatik von Patienten/-innen mit Schädigung des N. lingualis

Die Teilnehmer/-innen teilten auch die Symptome bei einer Schädigung des N. lingualis nach der Häufigkeit ein. Als zusätzliche Symptomatik wurde der „Verlust bzw.

die Reduktion des Geschmacksinns“ als Antwortmöglichkeit hinzugefügt (Abbildung 13).

Die Teilnehmer/ -innen hielten einen „Verlust bzw. eine Reduktion der Sensibilität“ für die häufigste Symptomatik bei einer vorübergehenden Schädigung des N. lingualis (n = 95), gefolgt von „neurosensorischen Störungen“ (n = 90). Den „Verlust bzw. die Reduktion des Geschmacksinns“ stufen die Teilnehmer/ -innen als seltenes Symptom ein (n = 94), ebenso wie das Auftreten eines „Schwellungsgefühls“ (n = 92). „Hyperalgesien oder Allodynien“ (n = 90) sowie „spontane und provozierbare Schmerzen“ (n = 90) wurden von den Teilnehmern/ -innen als seltenste Symptomatiken bewertet.



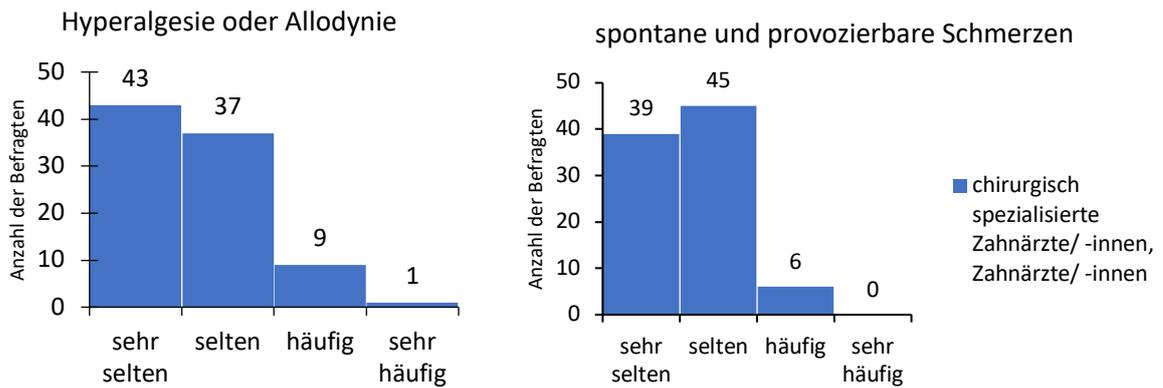


Abbildung 13: Einschätzung der Häufigkeit von Symptomen bei Patienten/ -innen mit einer vorübergehenden Schädigung des N. lingualis

Bewertungsmöglichkeiten: sehr selten (1), selten (2), häufig (3), sehr häufig (4)

4.5 Diagnosemethoden bei Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior oder N. lingualis

Die Daten belegen, dass 74 % der 100 befragten Zahnärzte/ -innen und chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen gezielte Diagnosemethoden bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis verwendeten.

Eine Analyse der verwendeten Diagnosemethoden ergab, dass die Teilnehmer/ -innen bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior am häufigsten die „Spitz/Stumpf-Diskriminierung“ als diagnostisches Instrument anwendeten (n = 78) (Abbildung 14).

48 Teilnehmer/ -innen gaben an, zur Diagnostik die „Zweipunktdiskrimination“ zu nutzen, gefolgt von „leichten Berührungen“ (n = 42). „Nadelstiche“ (n = 34) oder „thermische Reize“ (n = 27) wurden seltener eingesetzt.

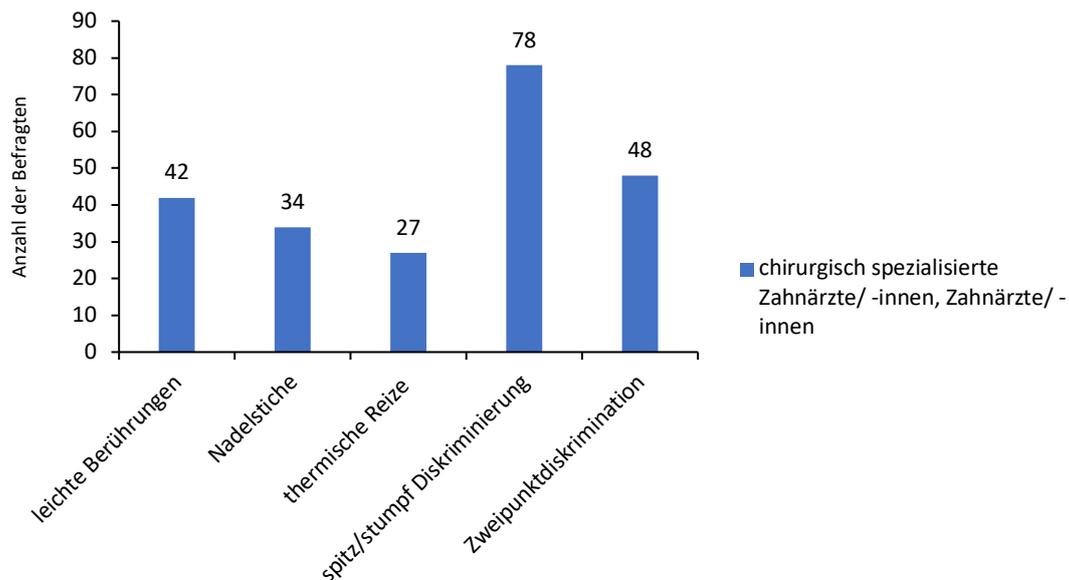


Abbildung 14: Verwendete Diagnosemethoden bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior

Die chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen wandten im Vergleich zu den Zahnärzten/ -innen prozentual häufiger die verschiedenen Methoden zur Diagnose einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior an (Tabelle 3).

Eine statistisch signifikante Auffälligkeit ergab sich bei der Zweipunktdiskrimination ($p = 0,013$). Diese Methode verwendeten 74 % der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen und 42 % der Zahnärzte/ -innen.

Tabelle 3: Häufigkeit des Einsatzes verschiedener Methoden zur Diagnostik einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior – chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen

Diagnosemethoden	chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen	Zahnärzte/ -innen	P-Wert
Leichte Berührung	10 (53 %)	32 (40 %)	0,297
Nadelstiche	10 (53 %)	24 (30 %)	0,057
Thermische Reize	5 (26 %)	22 (27 %)	0,94
Spitz/Stumpf-Diskriminierung	16 (84 %)	62 (77 %)	0,468
Zweipunktdiskrimination	14 (74 %)	34 (42 %)	0,013

Auch zur Diagnostik einer Funktionsstörung des N. lingualis (Abbildung 15) wurde vom Gesamtkollektiv am häufigsten die „Spitz/Stumpf-Diskriminierung“ (n = 68) verwendet, gefolgt von „leichten Berührungen“ (n = 41). 37 Teilnehmer/ -innen nutzten zur Diagnostik einer solchen Störung die „Zweipunktdiskrimination“ und 31 Teilnehmer/ -innen „Nadelstiche“. Am seltensten kamen die „Erkennung von Geschmacksqualitäten“ (n = 25) und „thermische Reize“ (n = 16) zum Einsatz.

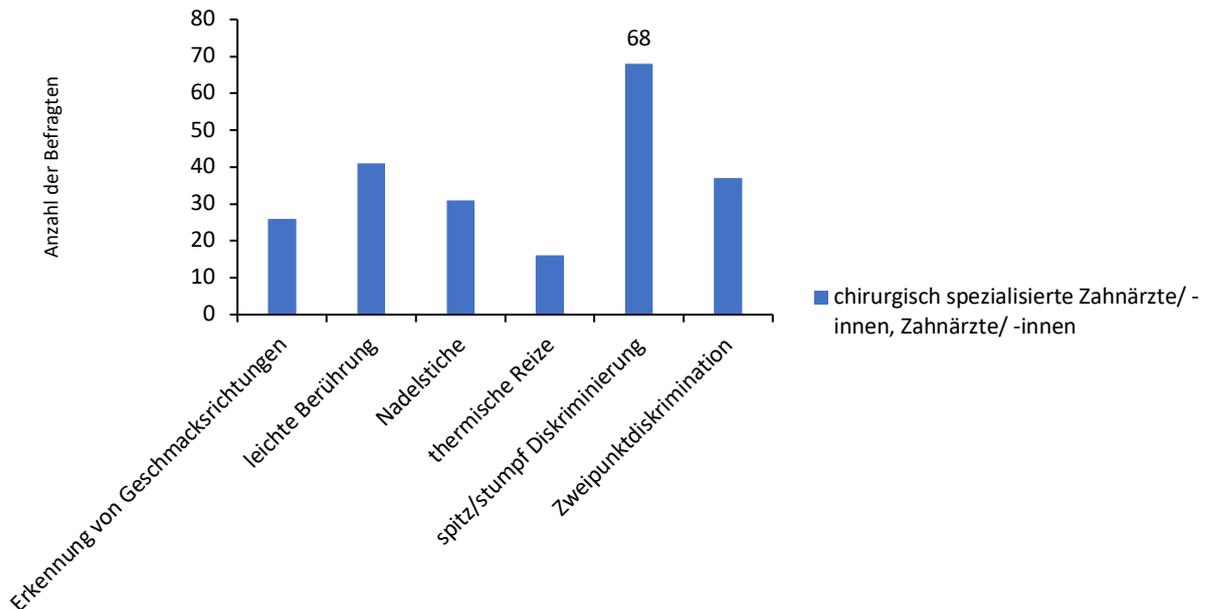


Abbildung 15: Verwendete Diagnosemethoden bei einer Funktionsstörung des N. lingualis

Die meisten Methoden wurden tendenziell häufiger von chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen eingesetzt als von Zahnärzten/ -innen (Tabelle 4).

Signifikante Auffälligkeiten bezüglich der Häufigkeit des Einsatzes der sechs untersuchten Diagnosemethoden zwischen chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen und Zahnärzten/ -innen bestanden jedoch nicht ($p > 0,05$).

Tabelle 4: Häufigkeit des Einsatzes verschiedener Methoden zur Diagnostik einer Funktionsstörung des N. lingualis – chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen

Diagnosemethoden	chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen	Zahnärzte/ -innen	P-Wert
Erkennung von Geschmacksqualitäten	4 (21 %)	21 (26 %)	0,659
Leichte Berührung	9 (47 %)	32 (40 %)	0,747
Nadelstiche	9 (47 %)	22 (27 %)	0,087
Thermische Reize	5 (26 %)	22 (27 %)	0,94
Spitz/Stumpf-Diskriminierung	15 (79 %)	53 (65 %)	0,256
Zweipunktdiskrimination	9 (47 %)	28 (35 %)	0,298

Ein/ eine Zahnarzt/ -ärztin gab an bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder des N. lingualis eine Digitale Volumentomographie (DVT) zu veranlassen. Ein/ eine weiterer/ weitere Zahnarzt/ -ärztin kontrollierte bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior die mimische Muskulatur durch verschiedene Übungen (z. B. Zuspitzen des Mundes). Bei einer Funktionsstörung des N. lingualis ließ er/ sie die Patienten/ -innen Zungenbewegungen durchführen. Ein/ eine weiterer/ weitere Zahnarzt/ -ärztin umzeichnete die betroffenen Gebiete und fotografierte diese ab.

Ein/ eine chirurgisch spezialisierter/ spezialisierte Zahnarzt/ -ärztin aus der Klinik verwies bei Symptomen einer Nervenschädigung die Patienten/ -innen an die Spezialsprechstunde von Frau Professor Daubländer, die zu diesem Zeitpunkt an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz tätig war.

4.6 Therapie

4.6.1 Eigenständige Therapie versus Überweisung an einen/eine Spezialisten/ -in

Bei der Frage, ob die Teilnehmer/ -innen bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis eigenständig eine Therapie durchführen oder die betroffenen Patienten/ -innen an einen/ eine spezialisierten/ spezialisierte Kollegen/ -in

überweisen, betrug die Anzahl der Antworten 114, da einige Teilnehmer/ -innen mehrere Antworten angekreuzt hatten.

Laut dem ersten Abschnitt des Fragebogens hatten insgesamt 67 Teilnehmer/ -innen der Studie praktische Erfahrungen mit Patienten/ -innen mit einer reversiblen oder irreversiblen Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis. Die restlichen Befragten beantworteten diese Frage daher lediglich in der Theorie.

70 Teilnehmer/ -innen bestellten beim Auftreten einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis die Patienten/ -innen zunächst zu einer Verlaufskontrolle ein und überwiesen sie bei fehlender Besserung dann zu einem/ einer Spezialisten/ -in (MKG-Chirurgen/ -in, Oralchirurgen/ -in, Neurologen/ -in, Schmerztherapeuten/ -in). Jeweils 22 Teilnehmer/ -innen gaben an, ihre Patienten/ -in bei Symptomen einer Funktionsstörung direkt an einen/ eine spezialisierten/ spezialisierte Kollegen/ -in zu überweisen oder die Verlaufskontrollen eigenständig durchzuführen.

Etwa zwei Drittel der Teilnehmer/ -innen überwiesen ihre Patienten/ -innen an einen MKG-Chirurgen/ -in. Das restliche Drittel arbeitete mit Neurologen/ -innen, Oralchirurgen/ -innen oder Schmerztherapeuten/ -innen zusammen.

4.6.2 Zeitabstände der Verlaufskontrollen

Die Frage nach der Häufigkeit der Verlaufskontrollen wurde auch von Teilnehmern/ -innen beantwortet, die noch keine Patienten/ -innen mit Symptomen einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder des N. lingualis betreut hatten (Abbildung 16). Etwa die Hälfte der Befragten (n = 49) kreuzte an, wöchentliche Verlaufskontrollen bei Patienten/ -innen mit Symptomen einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis durchgeführt zu haben. Bei 19 Teilnehmer/ -innen fanden die Verlaufskontrollen einmal pro Quartal und bei zehn Teilnehmer/ -innen täglich statt.

21 Teilnehmer/ -innen gaben abweichende Zeitabstände bei den Verlaufskontrollen an. Dabei nahmen die Zeitabstände zwischen den Verlaufskontrollen zu. Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis wurden erst täglich, dann wöchentlich und dann pro Quartal einbestellt.

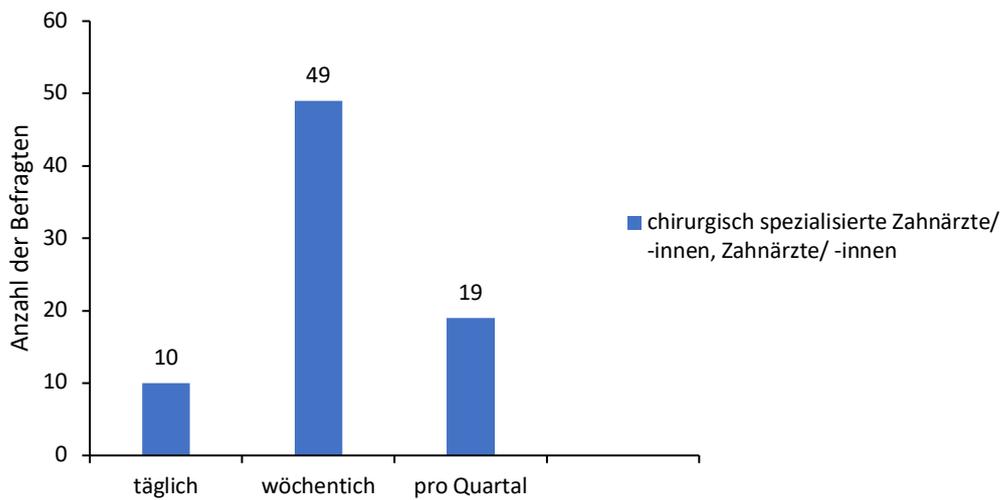


Abbildung 16: Zeitabstände der Verlaufskontrollen bei einer Schädigung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie

4.6.3 Medikamentöse Therapie

56 von 97 Teilnehmern/ -innen leiteten bei einer schmerzhaften Nervenläsion eine medikamentöse Therapie ein. 63 % der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen und 56 % der Zahnärzte/ -innen führten eine solche Therapie durch ($p = 0,593$).

Bei schmerzhaften Nervenläsionen wurden am häufigsten Analgetika verschrieben (Tabelle 5). Insgesamt verabreichten tendenziell mehr chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen Analgetika, Antikonvulsiva und Antidepressiva zur medikamentösen Therapie. Der Unterschied bei der Häufigkeit der Medikamentengabe war aber nur bei der Verabreichung von Antidepressiva signifikant.

Tabelle 5: Häufigkeit des Einsatzes von Medikamenten – chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen

Medikament	chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen	Zahnärzte/ -innen	Gesamt	P-Wert
Analgetika	9 (47 %)	28 (35 %)	37	0,316
Antikonvulsiva	2 (11 %)	4 (5 %)	6	0,364
Antidepressiva	3 (16 %)	2 (3 %)	5	0,017

Die Befragten konnten im Fragebogen auch angeben, welche weiteren Medikamente sie zur Behandlung einer Nervenläsion einsetzten. Am häufigsten wurde dabei Vitamin

B12/ Vitamin B von Zahnärzten/ -innen (n = 13) und chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen (n = 1) angegeben, gefolgt von Kortison (Zahnärzte/ -innen: n = 2; chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen: n = 6).

4.6.4 Dokumentation

Auf die Frage nach der Art der Dokumentation kreuzten 93 Teilnehmer/ -innen die „Befundbeschreibung in Karteikarten“ an und 34 Teilnehmer/ -innen die „Fotodokumentation“. Über 90 % der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen und Zahnärzte/ -innen dokumentierten die Befunde auf Karteikarten. Eine statistisch signifikante Auffälligkeit bestand bei der Häufigkeit der Nutzung der Fotodokumentation ($p = 0,015$). Fotos der betroffenen Region machten mehr als die Hälfte der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen (58 %) und etwa ein Viertel der Zahnärzte/ -innen (28 %).

4.7 Behandlung von Funktionsstörungen aufgrund anderer Ursachen

44 Teilnehmer/ -innen hatten Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis aufgrund anderer Ursachen betreut. Dies betraf 79 % die chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen und 36 % der Zahnärzte/ -innen ($p = 0,001$).

Abbildung 17 zeigt, dass eine Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis deutlich häufiger aufgrund postoperativer Komplikationen behandelt wurde (n = 43) als aufgrund posttraumatischer Komplikationen (n = 18).

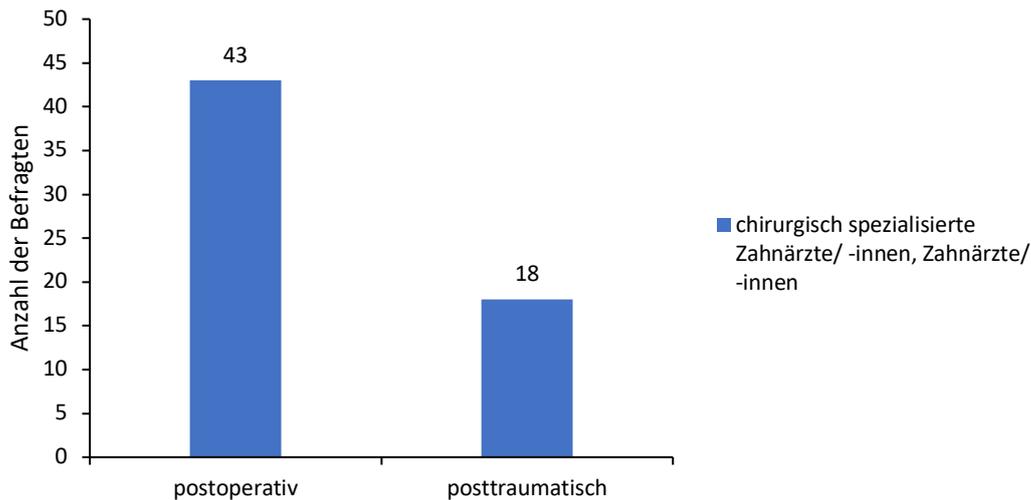


Abbildung 17: Häufigkeit der Betreuung von Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis aufgrund anderer Ursachen

In beiden Fällen bestand eine statistisch signifikante Auffälligkeit zwischen chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen und Zahnärzten/ -innen. 74 % der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen und 36 % der Zahnärzte/ -innen betreuten Patienten/ -innen mit einer postoperativen Funktionsstörung ($p = 0,003$). Erfahrung mit Patienten/ -innen mit einer posttraumatischen Funktionsstörung hatten 42 % der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen und 12 % der Zahnärzte/ -innen ($p = 0,002$).

Zwischen den weiblichen und den männlichen Teilnehmern/ -innen zeichnete sich ein tendenzieller Unterschied ab. Männliche Behandler betreuten im Vergleich zu weiblichen Behandlern sowohl Patienten/ -innen mit einer postoperativen Funktionsstörung (48 % versus 31 %) als auch Patienten/ -innen mit einer posttraumatischen Funktionsstörung (23 % versus 7 %) häufiger.

Als Ursachen für die Funktionsstörungen wurden Extraktionen oder Osteotomien des Dens sapiens ($n = 4$), Implantate ($n = 2$), Frakturen durch Osteomyelitis ($n = 1$) und neurologische Erkrankungen ($n = 1$) angegeben.

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Methodik

Die Datenerhebung erfolgte mittels eines speziell für diese Studie konzipierten Fragebogens. Zur Generierung des Fragebogens wurde EvaSys verwendet, da dieses Programm zahlreiche Maßnahmen zum Schutz der Daten der Umfrageteilnehmer/-innen beinhaltet. Der Zugriff auf das EvaSys-System ist nur berechtigten Personen, die einen Nutzernamen und ein Passwort besitzen, möglich. Zugriff auf die erhobenen Daten der vorliegenden Studie hatten nur der/ die Administrator/ -in und der/ die aktivierte Nutzer/ -in. Die Datenträger des Betriebssystems, auf das EvaSys installiert ist, können lokal von zugriffsberechtigten Personen eingesehen werden und sind nicht über Netzwerke erreichbar.

Jede mittels E-Mail angeschriebene Praxis erhielt die Möglichkeit, sich zwischen einem Papier- oder Onlineverfahren zu entscheiden. Einerseits wurde so der ökologische Aspekt berücksichtigt, andererseits konnten auch Praxen teilnehmen, die dem Onlineverfahren skeptisch gegenüberstanden. Durch das TAN-Verfahren wurde die Anonymität der Teilnehmer/ -innen am Onlineverfahren gewährleistet.

Die ausgefüllten Papierfragebögen, die die Praxismitarbeiter/ -innen und Klinikmitarbeiter/ -innen zurückschickten, enthielten keinen Absender. Durch die Anonymität der Befragung, sollte die Chance erhöht werden, korrekte Angaben zu erhalten.

Alle auftretenden Schwierigkeiten bei der Beantwortung der Fragen wurden nach einem Pretest korrigiert. Die geschlossenen Fragen mit Einfach- oder Mehrfachnennungen und die offenen Fragen wurden vom gesamten Kollektiv beantwortet. Unklarheiten oder Fragen der Praxismitarbeiter/ -innen konnten nicht direkt geklärt werden und haben möglicherweise zu abweichenden Angaben geführt. Klinikmitarbeiter/ -innen konnten dagegen bei Unklarheiten ihre Fragen persönlich stellen.

Unterschiedliche Interpretationen der Ratingskalen oder eine eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit der Teilnehmer/ -innen können nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Eine persönliche Befragung aller Teilnehmer/ -innen hätte den Vorteil gehabt, Unklarheiten oder Fragen beseitigen zu können. Bei einem solchen Vorgehen wäre jedoch keine anonyme Befragung möglich gewesen. Zudem hätte der/

die Interviewer/ -in aufgrund der räumlichen Streuung der teilnehmenden Praxismitarbeiter/ -innen lange Fahrten zurücklegen müssen.

Der Datenumfang der Studie reicht mit einem Gesamtkollektiv von 100 Befragten nicht aus, um verallgemeinerbare Ergebnisse zu generieren. Eine Rekrutierung höherer Teilnehmerzahlen zur Sicherstellung der Repräsentativität für Deutschland hätte eine bundeslandübergreifende Befragung und einen deutlich längeren Zeitraum für die Datenerfassung erfordert.

Aktuell fehlen weitere Studien in Deutschland zum Wissensstand bezüglich einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Kollektiv

An der Befragung nahmen 81 Zahnärzte/ -innen, 12 Oralchirurgen/ -innen und 7 MKG-Chirurgen/ -innen aus Rheinland-Pfalz teil. Die abweichende Teilnehmerzahl bei den chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen und den Zahnärzten/ -innen spiegelt die Verteilung der beiden Professionen mit einer deutlichen Dominanz der Zahnärzte/ -innen wider. Die Aussagekraft der Befunde der vorliegenden Studie wird durch den unterschiedlichen Anteil der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen (19 %) und der Zahnärzte/ -innen (81 %) begrenzt. Zur Vermeidung dieser Einschränkung hätte eine vergleichbare Anzahl von Zahnärzten/ -innen und chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen eingeschlossen werden müssen. Dies war im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich. Die unterschiedliche Besetzung in den Subgruppen war möglicherweise auch die Ursache für die fehlende Signifikanz der Unterschiede zwischen chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen und Zahnärzten/ -innen.

Von den persönlich angesprochenen Klinikmitarbeitern/ -innen sandten 91 % den ausgefüllten Fragebogen zurück. Die hohe Bereitschaft zur Teilnahme lässt sich durch die persönliche Ansprache erklären. Im Vergleich dazu beantworteten von den 818 zufällig ausgewählten Praxen in Rheinland-Pfalz nur 9,7 % den Fragebogen. Eine mögliche Erklärung für die geringe Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie ist die Kontaktaufnahme per E-Mail.

Potenziell wurde die Teilnahmebereitschaft in der vorliegenden Studie auch vom Geschlecht beeinflusst. Unter den Teilnehmern/ -innen waren 29 Frauen und 69

Männer. Laut Jenkins et al. (2010) nehmen Männer im Vergleich zu Frauen signifikant häufiger an Studien teil. Trotz der wachsenden Anzahl von Zahnmedizinerinnen üben aktuell immer noch weniger Frauen als Männer den Beruf des/ der Zahnarztes/ -ärztin, des/ der Oralchirurgen/ -in und des/ der MKG-Chirurgen/ -in aus (Blankenburg 2020, Bundeszahnärztekammer 2019). An der Dominanz der männlichen Teilnehmer in der vorliegenden Studie sind möglicherweise beide Faktoren beteiligt.

Von den 818 zufällig angeschriebenen Praxen lagen 44 Praxen in einem ländlichen und 35 Praxen in einem städtischen Umfeld. Der Einschluss von Praxen aus beiden Umfeldern gewährleistete eine gute Abdeckung verschiedener Settings.

Die Altersverteilung der Teilnehmer/ -innen lag zwischen 26 und 70 Jahren. Die Altersverteilung war für die Studie relevant, da die Erfahrung mit Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior und N. lingualis mit der Dauer der Berufsausführung zunimmt.

5.2.2 Häufigkeit von Leitungsanästhesien und der resultierenden Funktionsstörungen

Die ersten Fragen des Fragebogens thematisierten die Häufigkeit des Einsatzes der Leitungsanästhesie am N. alveolaris inferior und N. lingualis und der daraus resultierenden Funktionsstörungen.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass es sich bei der Leitungsanästhesie um ein etabliertes und häufig verwendetes Verfahren handelt. 80 % der Teilnehmer/ -innen gaben an, Leitungsanästhesien bis zu siebenmal täglich zu verwenden. Kaum einer der Befragten verzichtete vollständig auf eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer.

Laut einer Erhebung setzten Zahnärzte/ -innen in Deutschland 2019 bei chirurgischen und konservierenden Behandlungen in 16,68 % der Fälle eine Leitungsanästhesie ein (KZBV 2020). Infiltrationsanästhesien (37,11 %) wurden in diesem Jahr jedoch deutlich häufiger verwendet (KZBV 2020). Zusätzlich ist bei einer Pulpitis die intraligamentäre Anästhesie in der Schmerzausschaltung erfolgreich (Nusstein et al. 2005). Durch chirurgische Eingriffe führen chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen vermutlich häufiger eine Leitungsanästhesie am N. alveolaris inferior und N. lingualis durch als Zahnärzte/ -innen. Diese Hypothese bestätigte sich in der vorliegenden Befragung nicht.

In der vorliegenden Studie hatten 55 Teilnehmer/ -innen bei mindestens einem/ einer Patienten/ -in eine reversible Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N.

lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer erlebt. Während ihrer Berufslaufbahn waren Leitungsanästhesie-assoziierte, reversible Funktionsstörungen bei 69 % von 45 Befragten ein- bis zweimal am N. alveolaris inferior und bei 77 % von 39 Befragten ein- bis dreimal am N. lingualis vorgekommen. Zwölf Zahnärzte/ -innen hatten mindestens einmal eine irreversible Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder des N. lingualis bei einem/ einer Patienten/ -in diagnostiziert.

Laut Literatur kommen Funktionsstörungen des N. lingualis doppelt so häufig vor wie Störungen im Bereich des N. alveolaris inferior (Piccinni et al. 2015, Smith und Lung 2006). Führt die Leitungsanästhesie im Unterkiefer zu einer Sensibilitätsstörung, ist in etwa 70 % der Fälle der N. lingualis betroffen und in etwa 30 % der Fälle der N. alveolaris inferior. In der vorliegenden Befragung gab es keinen deutlichen Unterschied zwischen der Häufigkeit der Schädigung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis. Im Bereich der Lingula mandibulae, wo die Blockade des N. alveolaris inferior zu erwarten wäre, weist der N. lingualis weniger Faszikel auf als der N. alveolaris inferior. Laut einer Studie ist bei über einem Drittel der Patienten/ -innen der N. lingualis in dieser Region unifaszikulär. Dieser Befund erklärt das häufigere Auftreten von neurosensorischen Störungen des N. lingualis, da eine Verletzung bei einem unifaszikulären Nerv stärkere Folgen hat als bei einem multifaszikulären Nerv (Pogrel et al. 2003).

In den aufgeführten Studien wurde jedoch nicht zwischen reversiblen und irreversiblen Funktionsstörungen differenziert. In der vorliegenden Studie wurde bei der Persistenz der Symptome über mehr als ein Jahr die Funktionsstörung als irreversibel klassifiziert.

Bei einer Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie kommt es häufiger zu einer zeitlich begrenzten Funktionsstörung (Höhmänn et al. 2002). Dieser Befund wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Befragung gestützt. Bei einer Untersuchung an der Universität Erlangen-Nürnberg, die ebenfalls zwischen reversiblen und irreversiblen Funktionsstörungen unterschied, zeigte lediglich einer der 18 Patienten/ -innen mit einer neurosensorischen Störung des N. lingualis nach einem Jahr noch leichte Sensibilitätsdefizite (Krafft und Hickel 1994).

Die Erwartung, dass chirurgisch spezialisierte Zahnärzten/ -innen häufiger mit Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior oder N. lingualis konfrontiert werden als Zahnärzten/ -innen, hat sich in der vorliegenden Studie nicht bestätigt. Bei postoperativen Sensibilitätsstörungen ist es nicht möglich, die Ursache eindeutig zu definieren. Aus diesem Grund wurden in einer prospektiven Studie zu dieser Thematik

nur Patienten/ -innen einbezogen, die nach der Leitungsanästhesie restaurativ versorgt wurden (Krafft und Hickel 1994).

Zur Ermittlung der Inzidenz müsste die Zahl der Funktionsstörungen durch eine Leitungsanästhesie auf die Zahl der durchgeführten Leitungsanästhesien bezogen werden. Da an der vorliegenden Befragung sowohl junge Kollegen/ -innen als auch Kollegen/ -innen mit deutlich mehr Berufserfahrung (Altersspanne 26–70 Jahre) teilgenommen haben, ist von einer großen Varianz bei der Anzahl der durchgeführten Leitungsanästhesien auszugehen.

5.2.3 Risikofaktoren und Ursachen

In der vorliegenden Befragung wurde auch der Wissensstand der Befragten zu den Risikofaktoren und Ursachen für eine Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer thematisiert.

Laut einer Studie sind Positionsvariationen bei einer Leitungsanästhesie ein wichtiger Risikofaktor für Traumata am N. lingualis (Morris et al. 2010). Die Mehrzahl der Befragten in der vorliegenden Studie stufte „anatomische Variationen“ neben der „Injektionstechnik“ und der „mehrfachen Leitungsanästhesie“ als Risikofaktoren ein. In der Literatur wird empfohlen, die Injektion langsam und kontrolliert mit einer geeigneten Injektionstechnik durchzuführen (Daubländer und Kämmerer 2014) und Mehrfachinjektionen zu vermeiden (Jakobs 2019).

Laut einer Studie wurde bei 75 % der Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. lingualis und bei 41 % der Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior eine Nachinjektion der Leitungsanästhesie durchgeführt (Renton et al. 2010).

Ein bei der Injektion auftretender blitzartiger Schmerz ist ein Anzeichen für ein direktes Trauma des Nervs (Jakobs 2019). Ein solcher Schmerz führt bei vielen Patienten/ -innen zu einer plötzlichen Abwehrbewegung, was weitere Verletzungen zur Folge haben kann. 54 Teilnehmer/ -innen der vorliegenden Studie werteten „Injektionsschmerzen“ als Risikofaktor. Solche Schmerzen können auch als Warnsignal für eine Injektion in den Nerv verstanden werden. Bei Patienten/ -innen unter Narkose fehlt diese Reaktion. Folgerichtig stufen 37 Teilnehmer/ -innen die „Injektion unter Narkose“ als einen weiteren Risikofaktor ein.

Um bei einem „direkten mechanischen Trauma“ das Risiko einer Neurotmesis zu verringern, sollte die Injektionskanüle maximal einen Durchmesser von 0,5 mm aufweisen und mindestens 42 mm lang sein (Höhmann et al. 2002). In der vorliegenden Studie stuften knapp die Hälfte der Befragten „ungeeignete Injektionskanülen“ als Risikofaktor ein.

„Hochprozentige Lokalanästhesielösungen“ sind laut Literatur ein weiterer Risikofaktor für eine Sensibilitätsstörung (Hillerup und Jensen 2006, Smith und Lung 2006). In der vorliegenden Befragung identifizierte nur ein Viertel der Teilnehmer/ -innen diesen Parameter korrekt als Risikofaktor.

Nur wenige Teilnehmer/ -innen hielten „neuropathische Störungen“ und das „weibliche Geschlecht“ für Risikofaktoren. Laut Studien weisen jedoch Frauen eine erhöhte Schmerzsensitivität auf und besitzen somit ein höheres Risiko für die Entstehung von chronischen Schmerzen. Als mögliche Ursachen für diesen Geschlechtsunterschied werden biologische, psychosoziale und psychologische Faktoren diskutiert (Zimmer-Albert und Pogatzki-Zahn 2017). Laut Pogrel und Thamby (2000) kümmern sich Frauen im Vergleich zu Männern stärker um ihren körperlichen Zustand. Aufgrund der Geschlechterrollenerwartung nutzen Frauen breitere Coping-Strategien und suchen sich schneller Unterstützung. Daneben gibt es aber auch hormonelle und genetische Faktoren, die die erhöhte Schmerzsensitivität bei Frauen begründen (Zimmer-Albert und Pogatzki-Zahn 2017).

Der mögliche Einfluss von metabolischen, medikamentösen und toxischen Faktoren auf neuropathische Störungen sollte von Zahnärzten/ -innen nicht unterschätzt werden. Die diabetische Neuropathie/ Polyneuropathie zählt zu den häufigsten Folgeschäden eines Diabetes mellitus. Aktuell sind mehr als sieben Millionen Menschen in Deutschland an Diabetes mellitus erkrankt; pro Jahr kommen rund 500.000 Neuerkrankungen dazu. Laut Experten wird bis 2040 die Häufigkeit noch deutlich zunehmen (Deutsche Diabetes Gesellschaft 2021). Weiter zählt eine Neurotoxizität zu den häufigsten Komplikationen am peripheren Nervensystem bei einer Chemotherapie (Koeppen 2009). 2017 wurde bei 489.178 Menschen in Deutschland eine Chemotherapie-induzierte periphere Neuropathie diagnostiziert (Zentrum für Krebsregisterdaten 2021). Diese Zahlen verdeutlichen die Relevanz einer genauen Anamnese.

In der vorliegenden Befragung konnten die Teilnehmer/ -innen die Ursachen der Funktionsstörungen nach ihrer Häufigkeit („sehr häufig“, „häufig“, „selten“ und „sehr

selten“) einschätzen. Weitere Studien zur Beurteilung der Häufigkeit möglicher Ursachen fehlen bislang.

In der vorliegenden Studie hielten die Befragten „mechanische interne und externe Traumata der begleitenden Gewebe und Strukturen (z. B. Hämatom, Ödem)“ und „direkte mechanische Traumata“ für häufige Ursachen der Funktionsstörungen. In der Literatur wurde mehrfach ein intraneurales Hämatom durch Traumatisierung eines intraneuralen Blutgefäßes als Ursache beschrieben (Haas und Lennon 1995, Pogrel et al. 1995, Pogrel und Thamby 2000, Stacy and Hajjar, 1994). Der Schaden kann bereits nach 30 Minuten auftreten (Pogrel et al. 1995).

Seit langem werden in der Literatur auch „direkte mechanische Traumata“ als potenzielle Ursachen für eine Traumatisierung der Nerven und eine anhaltende Gefühlsveränderung thematisiert (Haas und Lennon 1995, Höhmann et al. 2002, Malamed 2004, Pogrel et al. 1995, Pogrel 2010). Der geringe Abstand des N. lingualis von der Schleimhaut und von der Raphe pterygomandibularis (3–5 mm) könnte erklären, warum dieser Nerv am häufigsten betroffen ist (Blanton und Roda 1995, Pogrel und Thamby 2000). Durch den im Verhältnis zum Durchmesser des N. alveolaris inferior und des N. lingualis geringeren Durchmesser der Injektionskanüle ist es vermutlich unmöglich, alle Faszikel durch ein direktes Trauma zu verletzen (Haas und Lennon 1995, Harn und Durham 1990). Bei einer geringen Schädigung verschwinden in der Regel die resultierenden Symptome vollständig (Pogrel et al. 1995). Wie schon in Abschnitt 5.2.2 erwähnt, kann der N. lingualis in der Region der Lingula mandibulae unifaszikulär vorliegen, so dass Verletzungen schwerwiegendere Folgen haben können (Pogrel et al. 2003).

In der vorliegenden Studie stuften die Teilnehmer/ -innen die Ischämie als eine seltene Ursache einer Funktionsstörung ein. In der Literatur werden in diesem Kontext der hohe Druck der Injektion und der Vasokonstriktor als mögliche Ursachen einer Minderperfusion beschrieben (Haas 1998, Kämmerer et al. 2015b).

Den toxischen Effekten der Lokalanästhetika und den neurologischen Vulnerabilitäten maßen die Teilnehmer/ -innen der vorliegenden Studie als Ursachen für eine Funktionsstörung der Nerven nur eine geringe Bedeutung bei.

In einer separaten Frage sollten die Befragten auswählen, welche Lokalanästhetika ein erhöhtes Risiko für eine Nervenschädigung besitzen. Am häufigsten kreuzten sie Bupivacain und Prilocain an. Bei Lidocain, Articain und Mepivacain wurde das toxische Risiko seltener als erhöht eingeschätzt.

Bupivacain ist als Lokalanästhetikum mit der höchsten systemischen Toxizität nur als gering konzentrierte Lösung im Handel (Daubländer und Kämmerer 2014). Einige Studien belegen, dass unter höherer Dosierung (z. B. 4 % Prilocain, 4 % Articain) Nervenschädigungen häufiger auftreten als unter geringerer Dosierung (z. B. 2 % Lidocain) (Garisto et al. 2010, Haas und Lennon 1995, Pogrel und Thamby 1999, Pogrel und Thamby 2000).

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Befragung war die Evaluation des Wissensstandes der Befragten zum Risikoprofil des Articain (4 %).

Die Lokalanästhetika wurden im Fragebogen ohne Konzentrationen aufgelistet. Daher haben möglicherweise einige der Befragten bei ihren Antworten die Konzentrationen nicht berücksichtigt, während andere die in der Zahnheilkunde verwendeten Konzentrationen vorausgesetzt haben. Möglicherweise schränkt dieses Vorgehen die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Studie mit Literaturdaten ein. Das toxische Risiko eines Lokalanästhetikums wird sowohl von der Substanz als auch vom Ort der Injektion und von der Konzentration bestimmt. Articain und Prilocain werden in einer hohen Konzentration von 4 % angewendet (Haas und Lennon 1995, Pogrel und Thamby 1999).

Die Ergebnisse verifizieren die Hypothese, dass die Befragten über die Risikofaktoren und möglichen Ursachen für eine Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis nicht ausreichend informiert sind. Drei Viertel der Befragten werteten hochprozentige Lokalanästhetika nicht als Risikofaktor. Insgesamt hielten die Befragten hochprozentige Lokalanästhetika für eine seltene Ursache einer Schädigung. Dabei werden in der Literatur systemische Intoxikationen am zentralen Nervensystem nach der Gabe hochprozentiger Lokalanästhetika beschrieben. Bei hohen plasmatischen Konzentrationen können Lokalanästhetika die Blut-Hirn-Schranke überschreiten (Mather et al. 2005, Rosenberg et al. 2004). Im Rahmen der lokalen Toxizität kommt es zu einer Degeneration des Axons, zur Zerstörung der Myelinscheide und zu einer Destruktion von Faszikeln (Gentili et al. 1979).

Toxische Plasmaspiegel können auch durch Vorerkrankungen und weitere patientenassoziierte und medikamentenspezifische Faktoren verursacht werden. Damit ist die individuelle Reaktion des Patienten/ -in auf ein Lokalanästhetikum nicht vorhersehbar (Van Aken und Wulf 2010). Die Teilnehmer/ -innen der vorliegenden Studie maßen der individuellen „neurologischen Vulnerabilität“ als Ursache für eine Funktionsstörung der Nerven nur eine geringe Bedeutung bei.

Die Hypothese, dass chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen bezüglich der Risikofaktoren und Ursachen für eine Nervenschädigung besser aufgeklärt sind, wird von den vorliegenden Ergebnissen nicht gestützt. Ein signifikanter Unterschied bei der Häufigkeit der Bewertung der Parameter als Risikofaktoren trat nur bei der „Injektion unter Narkose“ auf. 79 % der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen (n = 15) und nur 27 % der Zahnärzte/ -innen (n = 22) stufen diesen Parameter korrekt als Risikofaktor ein. Möglicherweise setzen sich chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen, die häufiger operative Eingriffe unter Narkose durchführen, eher mit diesem Risikofaktor auseinander.

5.2.4 Diagnostik und Therapie

In dem verwendeten Fragebogen wurden die aus der Literatur bekannten Symptome einer Funktionsstörung aufgelistet. Die Befragten sollten die Häufigkeit des Auftretens dieser Symptome („sehr häufig, häufig, selten, sehr selten“) beurteilen.

Wie schon in der Studie von Renton et al. (2010) litten auch in der vorliegenden Befragung Betroffene bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis am häufigsten an einem „Verlust oder einer Reduktion der Sensibilität“ und „neurosensorischen Störungen“.

Laut einem Übersichtsreferat zeigen Betroffene bei einer Schädigung des N. lingualis auch eine Verminderung oder einen Verlust der Geschmacksempfindungen (Höhmann et al. 2002). In der vorliegenden Befragung bewerteten die Teilnehmer/ -innen die möglichen Folgen für die Geschmackswahrnehmung unterschiedlich. 37 Teilnehmer/ -innen schätzten die Symptomatik als sehr häufig / häufig ein und 57 Teilnehmer/ -innen als selten / sehr selten.

Die Befragten schätzten das Auftreten des „Gefühls einer Schwellung“ bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und N. lingualis etwa gleich häufig ein. Die Häufigkeit des Auftretens von „Hyperalgesien oder Allodynien“ und von „spontanen / provozierbaren Schmerzen“ wurde als selten bewertet. In einer Studie berichteten die Betroffenen von hauptsächlich durch eine Allodynie im Innervationsgebiet hervorgerufenen Schlafstörungen (Renton et al. 2010).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie passen zu den in der Literatur beschriebenen Symptomen von Patienten/ -innen mit neuropathischen Schmerzen. Charakteristisch

ist eine verminderte Sensibilität mit einschließenden Schmerzattacken und brennendem Dauerschmerz (Hartmann und Daubländer 2013).

Bei Symptomen einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis führten 74 % der Teilnehmer/ -innen der Befragung gezielte Diagnosemethoden durch. Im Fragebogen wurden die in der Literatur am häufigsten erwähnten Diagnosemethoden aufgelistet, die jeder/ jede Zahnarzt/ -ärztin, Oralchirurg/ -in und MKG-Chirurg/ -in mit den in jeder Praxis vorhandenen Utensilien durchführen kann (z. B. zahnärztliche Sonden, erhitztes sowie gekühltes Metallinstrument).

In einer Studie wurden 21 erwachsene Patienten/ -innen nach unilateralen Verletzungen des N. alveolaris inferior oder N. mentalis über einen Zeitraum von 45 Monaten untersucht. Als Diagnosemethoden kamen „leichte Berührungs-, Nadelstich- und Wärmereize“ sowie Tests zur Scharf/Stumpf-Diskriminierung, Lokalisation und Zwei-Punkt-Diskriminierung zum Einsatz (Robinson 1988). Bei Verdacht auf eine Schädigung des N. lingualis wurde in einer anderen Analyse zusätzlich die gustatorische Wahrnehmung (Erkennung von süß, salzig, sauer und bitter) dokumentiert (Hillerup und Jensen 2006). In der vorliegenden Befragung hatte lediglich ein Viertel der Befragten die gustatorische Wahrnehmung überprüft. Möglicherweise waren viele Befragte über die mögliche Ageusie bei einer Funktionsstörung des N. lingualis nicht ausreichend aufgeklärt.

Etwa drei Viertel der Befragten nutzten die „Spitz/Stumpf-Diskriminierung“. Damit wurde diese Methode am häufigsten verwendet. Das ähnliche Verfahren „Nadelstiche“ wurde von etwa 30 % der Befragten eingesetzt. Die ebenfalls im zahnmedizinischen Studium gelehrt Techniken „Zweipunktdiskrimination“ und „leichte Berührungen“ wurden von weniger als der Hälfte der Befragten angewendet. Die Thermozeption wurde bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior bzw. des N. lingualis lediglich von etwa einem Viertel bzw. von weniger als einem Fünftel der Befragten kontrolliert.

Mit der QST lässt sich die Hautsensibilität sowie die Sensibilität der Muskulatur und Faszien analysieren. Dabei ist die aktive Mitarbeit des/der Patienten/ -in und das Einhalten der standardisierten Untersuchungstechnik von großer Bedeutung (Mücke et al. 2014). Die QST wurde nicht als Antwortmöglichkeit angeboten, da Praxen häufig nicht die notwendige Ausrüstung besitzen und diese Methode komplex und zeitaufwändig ist.

In einer Studie wurden Patienten/ -innen mit einer durch eine Osteotomie des dritten Molaren im Unterkiefer ausgelösten Funktionsstörung des N. alveolaris inferior zusätzlich zu den genannten Diagnosemethoden mit objektiven somatosensorischen Methoden untersucht. Unter anderem wurden die Schwelle für die elektrische Stimulation mit monopolaren Gleichstromimpulsen, die Stromstärke bei der Schmerzerfassung und das trigeminale somatosensorisch evozierte Potenzial (TSEP) erfasst (Greenwood und Corbett 2005). Diese Diagnosemethoden wurden im Fragebogen nicht berücksichtigt, da solche Tests in Praxen in der Regel nicht durchgeführt werden. Die Teilnehmer/ -innen konnten aber im Fragebogen weitere Diagnosemethoden notieren.

Aus den vorliegenden Daten geht hervor, dass chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen häufiger die etablierten Diagnosemethoden nutzten. Möglicherweise waren die chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen durch das höhere Risiko einer Nervenschädigung bei einem operativen Eingriff mit den Diagnosemöglichkeiten vertrauter.

Zusätzlich wurde erfragt, ob die Teilnehmer/ -innen bei ihren Patienten/ -innen die Funktionsstörung selbst therapieren, oder ob sie solche Fälle an einen/ eine Spezialisten/ -in (MKG-Chirurg/ -in, Oralchirurg/ -in, Neurologe/ -in, Schmerztherapeut/ -in) überweisen. Der größte Teil der Befragten therapierte zunächst eigenständig seine Patienten/ -innen. Trat keine Besserung ein, überwiesen sie die Patienten/ -innen an einen/ eine Spezialisten/ -in. Ein kleiner Teil der Befragten leitete bei Verdacht auf eine Funktionsstörung die Patienten/ -innen direkt weiter. Dabei wählten zwei Drittel der Befragten einen/ eine MKG-Chirurgen/ -in. Dieser Befund lässt vermuten, dass viele Zahnärzte/ -innen von den MKG-Chirurgen/ -innen bezüglich dieser Thematik eine größere Kompetenz erwarten. Durch die operativen Eingriffe im Unterkiefer werden chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen mit solchen Situationen häufiger konfrontiert. Dennoch überwies ein Viertel der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen seine Patienten/ -innen mit einer anhaltenden Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis an einen/ eine Neurologen/ -in. Ein kleiner Teil der Befragten wählte Schmerztherapeuten/ -innen.

Zu den Befragten (circa 20 %), die ihre Patienten/ -innen nicht überwiesen, sondern eigenständig weiter behandelten, gehörten neben chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen auch Zahnärzte/ -innen.

Auffällig war, dass 21 Teilnehmer/ -innen die Zeitabstände der Verlaufskontrollen von zunächst täglich, auf wöchentlich und schließlich auf einmal pro Quartal verlängerten. In einer prospektiven Studie zu Funktionsstörungen des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie wurde ähnlich verfahren. Bei einer Gefühlsveränderung nach Abklingen der Anästhesie sollten sich die Patienten/ -innen am darauffolgenden Tag vorstellen. Die weitere Kontrolle erfolgte einen Monat lang wöchentlich und bei anhaltenden Beschwerden monatlich (Krafft und Hickel 1994).

Ableiten lassen sich diese Zeitabstände durch die je nach Ursache unterschiedliche Regenerationsdauer der Leitungsanästhesie-bedingten Funktionsstörungen. Lässt die Hämatom bedingte Kompression auf den Nerven nach, tritt in der Regel innerhalb weniger Tagen eine Genesung ein. Die Resensibilisierung eines punktierten Nervs mit einer geringen intraneuralen Injektion wird innerhalb weniger Wochen erwartet (Höhmnn et al. 2002). Der mäßige Heilungsprozess bei anhaltenden Sensibilitätsstörungen ist meist durch eine endo- und perineurale Fibrose bedingt (Stöhr 1980).

78 Teilnehmer/ -innen wählten bei der Frage nach der Verlaufskontrolle eine der im Fragebogen gelisteten Antwortmöglichkeiten. Möglicherweise stand hierbei die Bequemlichkeit im Vordergrund. Zudem wurde die Dauer der Verlaufskontrollen nicht angegeben.

Während der Verlaufskontrollen leiteten 56 Teilnehmer/ -innen eine medikamentöse Therapie ein. Am häufigsten verwendeten die Befragten Analgetika. Der Fragebogen differenzierte aber nicht nach der Applikationsform und dem Wirkstoff.

In der Literatur erwies sich bei einer Therapie der Funktionsstörungen eine Kombination aus topischer Medikation mit niedrigdosierten prozyklischen Antidepressiva oder Antikonvulsiva als erfolgreich (Clark 2008, Heir et al. 2008). Dabei sollte bedacht werden, dass eine systematische Medikation eine Vielzahl von Nebenwirkungen auslösen kann (Renton und Yilmaz 2012). In der vorliegenden Studie verwendeten lediglich fünf Teilnehmer/ -innen Antidepressiva und sechs Antikonvulsiva. Möglicherweise hielten die restlichen Teilnehmer/ -innen die Nebenwirkungen für zu schwerwiegend oder sie waren über die Therapiemöglichkeit nicht ausreichend informiert. Ein weitere möglicher Grund für den zurückhaltenden Einsatz dieser Medikamente ist, dass Zahnärzte/ -innen Antidepressiva und Antikonvulsiva nicht eigenständig verschreiben können, was die Bedeutung der Zusammenarbeit mit Hausärzten/ -ärztinnen unterstreicht.

14 Teilnehmer/ -innen behandelten Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior oder N. lingualis mit Vitamin B12/ Vitamin B. In der Literatur ist die Wirkung umstritten (Höhmann et al. 2002). Auffällig war, dass 13 der 14 Teilnehmer/ -innen, die Vitamin B verordneten, Zahnärzte/ -innen waren. Dagegen verschrieben chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen häufiger Kortikosteroide. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen eher eine temporäre nervale Kompression durch ein Hämatom oder Ödem erwarteten. Zudem reduzieren Kortikosteroide Entzündungsreaktionen (Graff-Radford und Evans 2003, Moon et al. 2012).

Insgesamt nutzten in der vorliegenden Studie chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen (63 %) häufiger eine medikamentöse Therapie als Zahnärzte/ -innen (56 %); dieser Unterschied erreichte jedoch nicht die statistische Signifikanz. Die Hypothese, dass chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen besser über Therapiemöglichkeiten durch ihre Erfahrung mit postoperativen Sensibilitätsstörungen informiert sind, kann daher nicht endgültig verifiziert werden.

Zur Dokumentation der Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis nutzten 93 % der Befragten Karteikarten. Zusätzlich fotografierten über die Hälfte der chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen (58 %) und ein Viertel der Zahnärzte/ -innen (28 %) die betroffene Region. Die Frage, warum Zahnärzte/ -innen die Fotodokumentation deutlich seltener nutzten, kann anhand der vorliegenden Daten nicht beantwortet werden.

5.2.5 Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis aufgrund anderer Ursachen

Die häufigste Ursache einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis ist die operative Entfernung eines Weisheitszahnes im Unterkiefer (Pippi et al. 2017). In der vorliegenden Studie hatten die Befragten Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung aufgrund postoperativer Ursachen deutlich häufiger betreut als aufgrund posttraumatischer Ursachen. Vier der Befragten gaben als postoperative Ursache eine Osteotomie des Weisheitszahnes an und zwei der Befragten eine Implantation. In der Literatur wird der Inzidenz einer Sensibilitätsveränderung nach einer Implantation im Unterkiefer variabel beziffert (Lin et al. 2016, Vazquez et al. 2008).

Die Entfernung eines Weisheitszahnes im Unterkiefer gehört zu den häufigsten Eingriffen in der Oralchirurgie (Pippi et al. 2017). Daher hatten in der vorliegenden Befragung deutlich mehr chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen (79 %) als Zahnärzte/ -innen (36 %) Patienten/ -innen mit Funktionsstörungen aufgrund anderer Ursachen betreut.

Einer der häufigsten Ursachen einer posttraumatischen Funktionsstörung ist die Unterkieferfraktur. Die Sensibilitätsstörung des N. alveolaris inferior wird durch das Trauma selbst oder durch den folgenden operativen Eingriff verursacht (Reinhart et al. 1996). In der vorliegenden Befragung wurden die Ursachen der posttraumatischen Funktionsstörung nicht thematisiert.

In der Literatur wurden auch Fälle einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior nach einer endodontischen Behandlung eines Prämolaren bzw. Molaren im Unterkiefer beschrieben. Jedoch ist das Risiko mit einer Inzidenz von 1 % deutlich geringer als bei einer Entfernung eines Weisheitszahnes oder bei einer Implantation im Unterkiefer (Kämmerer et al. 2015a). In der vorliegenden Studie wurde diese Ursache nicht angegeben.

Weiter hatten in der vorliegenden Studie tendenziell mehr männliche Befragte Patienten/ -innen mit einer postoperativen oder posttraumatischen Funktionsstörung betreut als weibliche Befragte. Möglicherweise waren die männlichen Teilnehmer häufiger chirurgisch tätig. Laut aktueller Zahlen (31.12.2019) gibt es bundesweit 830 weibliche und 2491 männliche Oralchirurgen/ -innen (K. Fuchs, Bundeszahnärztekammer, persönliche Kommunikation, 25. Januar 2021). An der vorliegenden Befragung nahmen lediglich zwölf Oralchirurgen/ -innen teil. Eine eventuelle chirurgische Tätigkeit der Zahnärzte/ -innen wurde nicht erfragt. Zudem erschwert die ungleiche Geschlechterverteilung die Interpretation.

5.3 Chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen versus Zahnärzte/ -innen

Die Hypothese, dass chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen aufgrund ihrer chirurgischen Eingriffe häufiger Leitungsanästhesien verwenden und dadurch häufiger Patienten/ -innen mit einer Leitungsanästhesie-assoziierten Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis behandeln, konnte in der vorliegenden Studie nicht verifiziert werden.

Die chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen zeigten in der vorliegenden Studie bezüglich möglicher Risikofaktoren und Ursachen keinen besseren Wissensstand. Lediglich die „Injektion unter Narkose“ wurde von den chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen häufiger als Risikofaktor erkannt. Vermutlich setzen sich chirurgisch spezialisierten Zahnärzte/ -innen durch ihre häufigen operativen Eingriffe in Narkose mit diesem Risikofaktor verstärkt auseinander.

Tendenziell nutzten in der vorliegenden Befragung chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen häufiger die verschiedenen Diagnosemethoden als Zahnärzte/ -innen. Weiter fotografierten deutlich mehr chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen (58 versus 28 %) die betroffene Region zusätzlich zu einer Befundbeschreibung auf einer Karteikarte ab.

Im Rahmen der nicht interventionellen Therapie verordneten sie häufiger Medikamente. Eine Ausnahme bildete Vitamin-B, das von 13 Zahnärzten/ -innen und nur von einem/ einer Oralchirurgen/ -in verschrieben wurde. Somit belegen die vorliegenden Befunde, dass chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen tendenziell eine adäquatere Diagnostik durchführen.

Signifikant mehr chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen (79 % versus 36 %) hatten in der vorliegenden Befragung bereits Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung durch eine andere Ursache (posttraumatisch / postoperativ) betreut. Die operative Entfernung eines Weisheitszahnes im Unterkiefer gehört zu den häufigsten Eingriffen in der Oralchirurgie und zu den häufigsten Ursache für eine Schädigung des N. lingualis (Pippi et al. 2017). Durch ihre Erfahrungen in der Diagnostik und Therapie können chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen bei einer Funktionsstörung durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer adäquater handeln.

6 Ausblick

Aufgrund der unzureichenden Datenlage und den gravierenden Folgen einer irreversiblen Funktionsstörung des N. alveolaris inferior oder N. lingualis für die Patienten/ -innen sind weitere Studien mit einem adäquaten Studiendesign und einer größeren Anzahl an Teilnehmern/ -innen notwendig, um die Inzidenz für diese Komplikation in Deutschland exakt zu ermitteln.

Für ein aussagekräftigen Vergleich des Wissensstands von Zahnärzten/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen zu dieser Thematik muss die Befragung ausgeweitet werden.

Den Zahnärzten/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen ist anzuraten, ihren Wissensstand bezüglich der Risikofaktoren und möglichen Ursachen für eine Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie regelmäßig aufzufrischen. Zudem sollten sie sich über die aktuellen Therapiemöglichkeiten informieren.

7 Zusammenfassung

Bei einer Leitungsanästhesie im Unterkiefer ist die Inzidenz einer Schädigung des N. alveolaris inferior / N. lingualis gering; die Folgen sind meist reversibel. In Ausnahmefällen beeinträchtigen aber neuropathische Schmerzen und Störungen des Geschmackssinns die Betroffenen erheblich. Nervenschäden werden durch mechanische, toxische und chemische Mechanismen ausgelöst. Auch neurotoxische Intoxikationen durch Lokalanästhetika sind möglich. Das Risiko für solche Nervenschäden wird durch anatomische Variationen, Injektionstechnik, Geschlecht, Lokalanästhetika, neuropathische Störungen sowie Vorerkrankungen beeinflusst. Im Rahmen der Diagnostik sollten neben körperlichen (Charakterisierung neuropathischer Schmerzen) auch psychische und soziale Faktoren erfasst werden. Bei einer Funktionsstörung der beiden Nerven durch eine Leitungsanästhesie ist die konservative Therapie Mittel der Wahl. Die vorliegende Studie sollte evaluieren, ob Zahnärzte/ -innen, Oralchirurgen/ -innen und MKG-Chirurgen/ -innen bei einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior / N. lingualis eine adäquate Diagnostik und Therapie durchführen. Zudem sollte die Häufigkeit des Auftretens reversibler und irreversibler Funktionsstörungen der beiden Nerven und der Wissensstand der Behandler darüber ermittelt werden. Ein Fokus lag auf potenziellen Unterschieden zwischen chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen und Zahnärzten/ -innen.

In der Studie nahmen 79 Praxismitarbeiter/ -innen aus Rheinland-Pfalz und 21 Mitarbeiter/ -innen aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universitätsmedizin Mainz teil. Darunter waren 81 Zahnärzte/ -innen. Die zwölf Oralchirurgen/ -innen und sieben MKG-Chirurgen/ -innen wurden als chirurgisch spezialisierte Zahnärzte/ -innen zusammengefasst.

55 Befragte hatten bereits Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior / N. lingualis nach eine Leitungsanästhesie behandelt und 12 Befragte irreversible Funktionsstörungen. Nur vier der zehn aufgelisteten Risikofaktoren wurden von mehr als die Hälfte der Befragten korrekt als solche identifiziert. „Anatomische Variationen“ und „Injektionstechniken“ waren den meisten Befragten als Risikofaktoren bekannt. „Hochprozentige Lokalanästhesielösungen“ und „neuropathische Störungen“ wurden selten als Risikofaktor identifiziert. Eine „Injektion unter Narkose“ wurde häufiger von chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen als Risikofaktor identifiziert. Die Befragten hielten ein „mechanisches Trauma“ für die häufigste Ursache einer Nervenschädigung durch eine Leitungsanästhesie. „Ischämien“, „toxischen Effekten“

und „neurologischen Vulnerabilitäten“ wurden nur eine geringe Bedeutung beigemessen. 41 der Befragten ordneten Bupivacain aufgrund seiner Toxizität ein erhöhtes Risiko für eine Nervenschädigung zu. Die Befragten hielten den „Verlust bzw. die Reduktion der Sensibilität“ gefolgt von „neurosensorischen Störungen“ für die häufigsten klinischen Symptome bei einer Schädigung der beiden Nerven. Bei auftretenden Symptomen verwendeten 74 % der Befragten gezielt diagnostische Methoden, am häufigsten wurde die „Spitz/ Stumpf-Diskriminierung“ eingesetzt. Die Methoden wurden häufiger von chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen genutzt. Bei einer vermuteten Schädigung des N. lingualis überprüfte lediglich ein Viertel der Befragten die gustatorische Wahrnehmung. Bei einer fehlenden Besserung der Symptomatik überwiesen 70 Befragte die Betroffenen an Spezialisten/ -innen; etwa zwei Drittel davon wählten einen/ eine MKG-Chirurgen/ -in. Die Verlaufskontrollen führte die Hälfte der Befragten wöchentlich durch, 21 Befragte mit zunehmenden Zeitabständen. Als Behandlung wählten 56 Befragte eine medikamentöse Therapie meist mit Analgetika; ergänzend verabreichten 13 Zahnärzte/ -innen und ein/ eine chirurgisch spezialisierter/ spezialisierte Zahnarzt/ -ärztin Vitamin-B/ Vitamin-B12. Antikonvulsiva und Antidepressiva wurden häufiger von chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen genutzt. Auftretende Nervenschäden dokumentierten 93 Befragte auf Karteikarten; 34 fotografierten die betroffene Region. Die Fotodokumentation wurde deutlich häufiger von chirurgisch spezialisierten Zahnärzten/ -innen genutzt. 43 / 18 Befragte hatten Fälle mit einer Funktionsstörung der beiden Nerven aufgrund postoperativer / posttraumatischer Komplikationen betreut.

Die Ergebnisse stützen Literaturbefunde, wonach Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior / N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer selten auftreten; meist handelt es sich um eine reversible Symptomatik. Die Befragten waren unzureichend über mögliche Risikofaktoren und Ursachen informiert. Die Diagnostik beschränkte sich meist auf eine Spitz/Stumpf-Diskriminierung. Lediglich etwa die Hälfte der Befragten leitete bei einer Funktionsstörung eine medikamentöse Therapie ein, obwohl eine solche Behandlung in den Leitlinien empfohlen wird. Auch chirurgisch spezialisierte Zahnärzten/ -innen zeigten nur einen geringfügig besseren Wissensstand zu der Thematik. Damit deuten die Ergebnisse darauf hin, dass bei Patienten/ -innen mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior / N. lingualis häufig keine adäquate Diagnose und Therapie erfolgt.

8 Literaturverzeichnis

1. Ahrens J, Leffler A (2014) [Update on the pharmacology and effects of local anesthetics.] *Anaesthesist*. 63:376-86.
2. Alling CC 3rd (1986) Dysesthesia of the lingual and inferior alveolar nerves following third molar surgery. *J Oral Maxillofacial Surg*. 44:454-7.
3. Bagheri SC, Meyer RA, Cho SJ, Thoppay J, Khan HA, Steed MB (2012) Microsurgical repair of the inferior alveolar nerve: success rate and factors that adversely affect outcome. *J Oral Maxillofacial Surg*. 70:1978-90.
4. Berkley KJ (1997) Sex differences in pain. *Behav Brain Sci* 20:371-80.
5. Binder A, Baron R (2016) The pharmacological therapy of chronic neuropathic pain. *Dtsch Ärztebl Int*. 113:616-25.
6. Black CG (1997) Sensory impairment following lower third molar surgery: a prospective study in New Zealand. *N Z Dent J*. 93:68-71.
7. Blackburn CW (1992) Experiences in lingual nerve repair. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 30:72-7.
8. Blankenburg E (2020) Frauen in der Zahnmedizin. *Der freie Zahnarzt*. 64:58-9.
9. Blanton PL, Roda RS (1995) The anatomy of local anesthesia. *J Calif Dent Assoc*. 23:55-8, 60-2, 64-5.
10. Brattberg G, Parker MG, Thorslund M (1997) A longitudinal study of pain: reported pain from middle age to old age. *Clin J Pain*. 13:144-9.
11. Buch HA (2011) Clinical anatomy of inferior alveolar nerve block anesthesia. *Clin Anat* 24:515-7.
12. Bundeszahnärztekammer (2019) Mitgliederstatistik-Berufliche Stellung [Internet]. [zitiert am 25.01.2021]. URL: <https://www.bzaek.de/ueber-uns/daten-und-zahlen/mitgliederstatistik/berufliche-stellung>
13. Burstein J, Mastin C, Le B (2008) Avoiding injury to the inferior alveolar nerve by routine use of intraoperative radiographs during implant placement. *J Oral Implantol*. 34:34-8.
14. Carmichael FA, Mcgowan DA (1992) Incidence of nerve damage following third molar removal: a West of Scotland Oral Surgery Research Group study. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 30:78-82.
15. Chesterton LS, Barlas P, Foster NE, Baxter DG, Wright CC (2003) Gender differences in pressure pain threshold in healthy humans. *Pain*. 101:259-66.
16. Clark G (2008) Top 60 medications used for orofacial pain treatment. *J Calif Dent Assoc*, 36, 747-67.
17. Colin W, Donoff RB (1992) Restoring sensation after trigeminal nerve injury: a review of current management. *J Am Dent Assoc*. 123:80-5.
18. Cornelius CP, Roser M, Ehrenfeld M (1997) [Microneural reconstruction after iatrogenic lesions of the lingual nerve and the inferior alveolar nerve. Critical evaluation.] *Mund Kiefer Gesichtschir*. 1:213-23.
19. Daubländer M, Kämmerer P (2014) Lokalanästhesie in der Zahnmedizin. Sanofi-Aventis Deutschland.

20. Daubländer M, Müller R, Lipp MD (1997) The incidence of complications associated with local anesthesia in dentistry. *Anesth Prog.* 44:132-41.
21. Deppe H, Mücke T, Wagenpfeil S, Kesting M, Linsenmeyer E, Tölle T (2015) Trigeminal nerve injuries after mandibular oral surgery in a university outpatient setting--a retrospective analysis of 1,559 cases. *Clin Oral Investig.* 19:149-57.
22. Depprich R, Handschel J, Hornung J, Meyer U, Kübler N (2007) Ursachen, Therapie und Komplikationen bei der Frakturversorgung des Unterkiefers--eine retrospektive Analyse von 10 Jahren. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 11:19-26.
23. Derry S, Sven-Rice A, Cole P, Tan T, Moore RA (2017) Topical capsaicin (high concentration) for chronic neuropathic pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* (2):CD007393.
24. Deutsche Diabetes Gesellschaft (2021) Deutsche Gesundheitsbericht Diabetes 2021 [Internet]. [zitiert am 23.11.21]. URL: https://www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de/fileadmin/user_upload/06_Gesundheitspolitik/03_Veroeffentlichungen/05_Gesundheitsbericht/20201107_Gesundheitsbericht2021.pdf
25. Deutsche Schmerzgesellschaft, E. V. (2021) Schmerzfragebögen [Internet]. [zitiert am 16.11.2021]. URL: <https://www.schmerzgesellschaft.de/patienteninformationen/schmerzdiagnostik/schmerzfrageboegen>
26. Dick IE, Brochu RM, Purohit Y, Kaczorowski GJ, Martin WJ, Priest BT (2007) Sodium channel blockade may contribute to the analgesic efficacy of antidepressants. *J Pain.* 8:315-24.
27. Diener HC, Steinmetz H (2019) Diagnose und nicht interventionelle Therapie neuropathischer Schmerzen. *DGN*, 4.1.
28. Eccleston C, Hearn L, Williams AC (2015) Psychological therapies for the management of chronic neuropathic pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015:CD011259.
29. Ehrenfeld M, Cornelius CP, Altenmüller E, Riediger D, Sahl W (1992) [Nerve injuries following nerve blocking in the pterygomandibular space]. *Dtsch Zahnärztl Z.* 47:36-9.
30. Ellies LG (1992) Altered sensation following mandibular implant surgery: a retrospective study. *J Prosthet Dent.* 68:664-71.
31. Fanghänel J, Pera Franz, Anderhuber F, Nitsch R, (2011) *Waldeyer – Anatomie des Menschen* 18. Auflage. Berlin: De Gruyter,
32. Fielding AF, Rachiele DP, Frazier G (1997) Lingual nerve paresthesia following third molar surgery: a retrospective clinical study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 84:345-8.
33. Fillingim RB (2000) Sex-related differences in the experience of pain. *J APS Bulletin.* 10:1. ((habe ich nicht gefunden))
34. Finnerup NB, Attal N, Haroutounian S, McNicol E, Baron R, Dworkin RH, Gilron I, Haanpää M, Hansson P, Jensen TS, Kamerman PR, Lund K, Moore A, Raja SN, Rice ASC, Rowbotham M, Sena E, Siddal P, Smith BH, Wallace M (2015) Pharmacotherapy for neuropathic pain in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol.* 14:162-73.
35. Finnerup NB, Haroutounian S, Kamerman P, Baron R, Bennett DLH, Bouhassira D, Cruccu G, Freeman R, Hansson P, Nurmikko T, Raja SN, Rice

- ASC, Serra J, Smith BH, Treede RD, Jensen TS (2016) Neuropathic pain: an updated grading system for research and clinical practice. *Pain*. 157:1599-1606.
36. Finnerup NB, Otto M, McQuay HJ, Jensen TS, Sindrup SH (2005) Algorithm for neuropathic pain treatment: an evidence based proposal. *Pain*. 118:289-305.
37. Finnerup NB, Sindrup SH, Jensen TS (2010) The evidence for pharmacological treatment of neuropathic pain. *Pain* 150:573-81.
38. Fruhstorfer H, Gross W, Selbmann O (2001) von Frey hairs: new materials for a new design. *Eur J Pain*. 5:341-2.
39. Garisto GA, Gaffen AS, Lawrence HP, Tenenbaum HC, Haas DA (2010) Occurrence of paresthesia after dental local anesthetic administration in the United States. *J Am Dent Assoc*. 141:836-44.
40. Gentili F, Hudson A, Kline DG, Hunter D (1979) Peripheral nerve injection injury: an experimental study. *Neurosurgery*. 4:244-53.
41. Gierthmühlen J, Binder A, Förster M, Baron R (2018) Do We Measure What Patients Feel?: An Analysis of Correspondence Between Somatosensory Modalities Upon Quantitative Sensory Testing and Self-reported Pain Experience. *Clin J Pain*. 34:610-7.
42. Gow-Gates G, Watson JE (1989) Gow-Gates mandibular block—Applied anatomy and histology. *Anesth Prog*. 36:193-5.
43. Graff-Radford SB, Evans RW (2003) Lingual nerve injury. *Headache*. 43:975-83.
44. Greenwood M, Corbett IP (2005) Observations on the exploration and external neurolysis of injured inferior alveolar nerves. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 34:252-6.
45. Gülicher D, Gerlach KL (2000) [Incidence, risk factors and follow-up of sensation disorders after surgical wisdom tooth removal. Study of 1,106 cases.] *Mund Kiefer Gesichtschir*. 4:99-104.
46. Haas DA (1998) Localized complications from local anesthesia. *J Calif Dent Assoc*. 26:677-82.
47. Haas DA, Lennon D (1995) A 21 year retrospective study of reports of paresthesia following local anesthetic administration. *J Can Dent Assoc*. 61:319-20, 323-6, 329-30.
48. Hafferl A (2013) *Lehrbuch der topographischen Anatomie*. Berlin: Springer.
49. Halling F (2015) Verbrauch dentaler Lokalanästhetika in Deutschland und im internationalen Vergleich. *Dtsch Zahnärztl Z*. 70:426-32.
50. Harn SD, Durham TM (1990) Incidence of lingual nerve trauma and postinjection complications in conventional mandibular block anesthesia. *J Am Dent Assoc*. 121:519-23.
51. Hartmann A, Daubländer M (2013) Neurophysiologische Untersuchungen der Mundhöhle und Gesichtsregion mittels Quantitativ Sensorischer Testung. *ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt*. 122:356-9.
52. Hechler T, Kosfelder J, Vocks S, Mönninger T, Blankenburg M, Dobe M, Gerlach AL, Denecke H, Zernikow B (2010) Changes in pain-related coping

- strategies and their importance for treatment outcome following multimodal inpatient treatment: does sex matter? *J Pain*. 11:472-83.
53. Heir G, Karolchek S, Kalladka M, Vishwanath A, Gomes J, Khatri R, Nasri C, Eliav E, Ananthan S (2008) Use of topical medication in orofacial neuropathic pain: a retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 105:466-9.
 54. Hien P (2014) Alkohol und Diabetes. In: Hien P, Claudi-Böhm S, Böhm B, Hrsg. *Diabetes 1x1*. Berlin: Springer, 283-6.
 55. Hillerup S, Jensen R (2006) Nerve injury caused by mandibular block analgesia. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 35:437-43.
 56. Höhmann B, Chesne D, Ott K (2002) Nervenschädigungen nach Leitungsanästhesien im Unterkiefer. *Rechtsmedizin*. 12:361-4.
 57. Jakobs W (2019) Neurosensorische Störungen nach Lokalanästhesie. *MKG-Chirurg*. 12:105-19.
 58. Jenkins V, Farewell D, Batt L, Maughan T, Branston L, Langridge C, Parlour L, Farewell V, Fallowfield L (2010) The attitudes of 1066 patients with cancer towards participation in randomised clinical trials. *Br J Cancer*. 103:1801-7.
 59. Junqueira L, Carneiro J (2013) *Histologie: Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Unter Berücksichtigung der Histophysiologie*. Berlin: Springer.
 60. Juodzbaly G, Wang HL, Sabalys G (2011) Injury of the Inferior Alveolar Nerve during Implant Placement: a Literature Review. *J Oral Maxillofac Res*. 2:58-9.
 61. Kämmerer PW, Dau M, Pröhl AK (2015a) Der besondere Fall mit CME: Der überstopfte Wurzelkanal. *Zm-online*. 4:54-6.
 62. Kämmerer P, Gornig C, Mathers F, Daubländer M (2015b) Zahnärztliche Lokalanästhesie. *Wissen Kompakt*. 9:55-66.
 63. Keefe FC, Lefebvre JC, Egert JR, Affleck G, Sullivan MJ, Caldwell DS (2000) The relationship of gender to pain, pain behavior, and disability in osteoarthritis patients: the role of catastrophizing. *Pain*. 87:325-34.
 64. Kipp DP, Goldstein BH, Weiss WW (1980) Dysesthesia after mandibular third molar surgery: a retrospective study and analysis of 1,377 surgical procedures. *J Am Dent Assoc*. 100:185-92.
 65. Kirihaara Y, Saito Y, Sakura S, Hashimoto K, Kishimoto T, Yasui Y (2003) Comparative neurotoxicity of intrathecal and epidural lidocaine in rats. *Anesthesiology*. 99:961-8.
 66. Koeppen S (2009) Tumorthapiebedingte Neuropathie. *Onkologe*. 15:142-9.
 67. Krafft TC, Hickel R (1994) Clinical investigation into the incidence of direct damage to the lingual nerve caused by local anaesthesia. *J Craniomaxillofac Surg*. 22:294-6.
 68. Kroenke K, Spitzer RL (1998) Gender differences in the reporting of physical and somatoform symptoms. *J Psychosom Med*. 60:150-5.
 69. KZBV (2020) *KZVB Jahrbuch 2020 – Anteile der häufigsten Positionen an den Gesamtpunkten aus kons./chir. Behandlung 2019 Deutschland* [Internet]. [zitiert am 25.01.21]. URL: <https://www.kzbv.de/jahrbuch-2020.768.de.html>

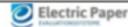
70. Leresche L (2000) Epidemiologic perspectives on sex differences in pain. *J Sex Gender Pain.* 233-49.
71. Levine FM, De Simone LL (1991) The effects of experimenter gender on pain report in male and female subjects. *Pain.* 44:69-72.
72. Lin CS, Wu SY, Huang HY, Lai YL (2016) Systematic Review and Meta-Analysis on Incidence of Altered Sensation of Mandibular Implant Surgery. *PLoS One.* 11:e0154082.
73. Lipp M, Dick W, Daubländer M, Fuder H, Stanton-Hicks M (1993) Exogenous and endogenous plasma levels of epinephrine during dental treatment under local anesthesia. *Reg Anesth.* 18:6-12.
74. Magerl W, Krumova EK, Baron R, Tölle T, Treede RD, Maier C (2010) Reference data for quantitative sensory testing (QST): refined stratification for age and a novel method for statistical comparison of group data. *Pain.* 151:598-605.
75. Maggi SP, Lowe JB 3rd, Mackinnon SE (2003) Pathophysiology of nerve injury. *Clin Plast Surg.* 30:109-26.
76. Maier C, Baron R, Tölle TR, Binder A, Birbaumer N, Birklein F, Gierthmühlen J, Flor H, Geber C, Hüge V, Krumova EK, Landwehrmeyer GB, Magerl W, Maihöfner C, Richter H, Rolke R, Scherens A, Schwarz A, Sommer C, Tronniere V, Üceyler N, Valet M, Wasner G, Treede DR (2010) Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): somatosensory abnormalities in 1236 patients with different neuropathic pain syndromes. *Pain.* 150:439-50.
77. Malamed S (2004) *Handbook of Local Anesthesia.* Missouri: Elsevier Health Sciences.
78. Mather LE, Copeland SE, Ladd LA (2005) Acute toxicity of local anesthetics: underlying pharmacokinetic and pharmacodynamic concepts. *Reg Anesth Pain Med.* 30:553-66.
79. Misch CE, Resnik R (2010) Mandibular nerve neurosensory impairment after dental implant surgery: management and protocol. *Implant Dent.* 19:378-86.
80. Mitrovic I, Margeta-Mitrovic M, Bader S, Stoffel M, Jan LY, Basbaum AI (2003) Contribution of GIRK2-mediated postsynaptic signaling to opiate and α 2-adrenergic analgesia and analgesic sex differences. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 100:271-6.
81. Miziara ID, Araújo Filho BC, Oliveira R, Dos Santos RMR (2009) Group psychotherapy: an additional approach to burning mouth syndrome. *J Psychosom Res.* 67:443-8.
82. Mogil JS, Wilson SG, Chesler EJ, Rankin AL, Nemmani KVS, Lariviere WR, Groce MK, Wallace MR, Kaplan L, Staud R, Ness TJ, Glover TL, Stankova M, Mayorov A, Hruby VJ, Grisel JE, Fillingim RB (2003) The melanocortin-1 receptor gene mediates female-specific mechanisms of analgesia in mice and humans. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 100:4867-72.
83. Moon S, Lee SJ, Kim E, Lee CY (2012) Hypoesthesia after IAN block anesthesia with lidocaine: management of mild to moderate nerve injury. *Restor Dent Endod.* 37:232-5.

84. Morris CD, Rasmussen J, Throckmorton GS, Finn R (2010) The anatomic basis of lingual nerve trauma associated with inferior alveolar block injections. *J Oral Maxillofac Surg.* 68:2833-6.
85. Mücke M, Cuhls H, Radbruch L, Baron R, Maier C, Tölle T, Treede RD, Rolke R (2014) Quantitative sensorische Testung. *Schmerz.* 28:635-48.
86. Müller-Schwefe G, Überall M (2011) Schmerz und Lebensqualität. *J Gesundheitsökonomie Qualitätsmanagement.* 16:S20-2.
87. Müller-Vahl H, Mumenthaler M, Stöhr M, Tegenthoff M (2014) Läsionen peripherer Nerven und radikuläre Syndrome, Stuttgart: Georg Thieme.
88. Niesel H (2010) Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. Stuttgart: Georg Thieme.
89. Nusstein J, Claffey E, Reader AI, Beck M, Weaver J (2005) Anesthetic effectiveness of the supplemental intraligamentary injection, administered with a computer-controlled local anesthetic delivery system, in patients with irreversible pulpitis. *J Endod.* 31:354-8.
90. Okamoto Y, Takasugi Y, Moriya K, Furuya H (2000) Inferior alveolar nerve block by injection into the pterygomandibular space anterior to the mandibular foramen: radiographic study of local anesthetic spread in the pterygomandibular space. *Anesth Prog.* 47:130-3.
91. Paulsen F, Waschke J (2017) Sobotta, Atlas der Anatomie. Band 3: Kopf, Hals und Neuroanatomie. München: Elsevier Health Sciences.
92. Pavlicek V (2010) Metformin, Vitamin-B12-Mangel und diabetische Neuropathie. *Diabetologie.* 6:210-1.
93. Piccinni C, Gissi DB, Gabusi A, Montebugnoli L, Poluzzi E (2015) Paraesthesia after local anaesthetics: an analysis of reports to the FDA Adverse Event Reporting System. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 117:52-6.
94. Pippi R, Spota A, Santoro M (2017) Prevention of Lingual Nerve Injury in Third Molar Surgery: Literature Review. *J Oral Maxillofac Surg.* 75:890-900.
95. Pogrel MA (2010) Summary of: Trigeminal nerve injuries in relation to the local anaesthesia in mandibular injections. *Br Dent J.* 209:452-3.
96. Pogrel MA, Bryan J, Regezi J (1995) Nerve damage associated with inferior alveolar nerve blocks. *J Am Dent.* 126:1150-5.
97. Pogrel MA, Maghen A (2001) The use of autogenous vein grafts for inferior alveolar and lingual nerve reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg,* 59, 985-988.
98. Pogrel MA, Schmidt BL, Sambajon V, Jordan RCK (2003) Lingual nerve damage due to inferior alveolar nerve blocks: a possible explanation. *J Am Dent Assoc.* 134:195-9.
99. Pogrel MA, Thamby S (1999) The etiology of altered sensation in the inferior alveolar, lingual, and mental nerves as a result of dental treatment. *J Calif Dent Assoc.* 27:534-8.
100. Pogrel MA, Thamby S (2000) Permanent nerve involvement resulting from inferior alveolar nerve blocks. *J Am Dent Assoc.* 131:901-7.
101. Rayan GM, Pitha JV, Wisdom P, Brentlinger A, Kopta JA (1988) Histologic and electrophysiologic changes following subepineurial hematoma induction in rat sciatic nerve. *Clin Orthop Relat Res.* (229):257-64.

102. Reinhart E, Reuther J, Michel C, Kübler N, Pistner H, Bill J, Kunkel E (1996) [Treatment outcome and complications of surgical and conservative management of mandibular fractures.] *Fortschr Kiefer Gesichtschir.* 41:64-7.
103. Renton T (2018a) Optimal local anaesthesia for dentistry. *Prim Dent J.* 7:51-61.
104. Renton T. (2018b) Trigeminal nerve injuries. *Aust Endodont J.* 44:159-69.
105. Renton T, Adey-Viscuso D, Meechan JG, Yilmaz Z (2010) Trigeminal nerve injuries in relation to the local anaesthesia in mandibular injections. *Br Dent J.* 209:E15.
106. Renton T, Yilmaz Z (2012) Managing iatrogenic trigeminal nerve injury: a case series and review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 41:629-37.
107. Robinson M, Riley J, Myers C (2000) Psychosocial contributions to sex-related differences in pain responses. In: Fillingim RB, Hrsg. *Sex, Gender and Pain.* Seattel: IASP Press, 41-68.
108. Robinson PP (1988) Observations on the recovery of sensation following inferior alveolar nerve injuries. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 26:177-89.
109. Rolke R, Baron R, Maier C, Tölle TR, Treede DR, Beyer A, Binder A, Birbaumer N, Birklein F, Bötefür IC, Braune S, Flor H, Hüge V, Klug R, Landwehrmeyer GB, Magerl W, Maihöfner C, Rolko C, Schaub C, Scherrens A, Sprenger T, Valet M, Wasserka B (2006) Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): standardized protocol and reference values. *Pain.* 123:231-3.
110. Rood JP, Shehab BA (1990) The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 28:20-5.
111. Rosenberg PH, Veering BT, Urmev WF (2004) Maximum recommended doses of local anesthetics: a multifactorial concept. *Reg Anesth Pain Med.* 29:564-75.
112. Schenkel JS, Lübbers HT, Metzler P (2015) Komplikationen der zahnärztlichen Lokalanästhesie. *Swiss Dent J.* 125:1116-7.
113. Schultze-Mosgau S, Reich RH (1993) Assessment of inferior alveolar and lingual nerve disturbances after dentoalveolar surgery, and of recovery of sensitivity. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 22:214-7.
114. Schwenzler N, Ehrenfeld M (2000) *Zahnärztliche Chirurgie.* Stuttgart: Georg Thieme.
115. Seddon HJ (1943) Three types of nerve injury. *Brain.* 66:237-88.
116. Seddon S (1975) *Surgical disorders of the peripheral nerves.* London: Churchill Livingstone.
117. Smith MH, Lung KE (2006) Nerve injuries after dental injection: a review of the literature. *J Can Dent Assoc.* 72:559-64.
118. Stacy GC, Hajjar G (1994) Barbed needle and inexplicable paresthesias and trismus after dental regional anesthesia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 77:585-8.
119. Stöhr M (1980) *Iatrogene Nervenläsionen: Injektion, Operation, Lagerung, Strahlentherapie.* Stuttgart: Georg Thieme

120. Sullivan MJ, Thorn B, Haythornthwaite JA, Keefe F, Martin M, Bradley LA, Lefebvre JC (2001) Theoretical perspectives on the relation between catastrophizing and pain. *Clin J Pain.* 17:52-64.
121. Sunderland S (1951) A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain.* 74:491-516.
122. Sunderland S (1991) *Nerve injuries and their repair.* London: Churchill Livingstone.
123. Susarla SM, Kaban LB, Donoff RB, Dodson TB (2007) Does early repair of lingual nerve injuries improve functional sensory recovery? *J Oral Maxillofac Surg.* 65:1070-6.
124. Thomas AM, Atkinson TJ (2018) Old friends with new faces: are sodium channel blockers the future of adjunct pain medication management? *J Pain.* 19:1-9.
125. Treede RD, Jensen TS, Campbell JN, Cruccu G, Dostrovsky JO, Griffin JW, Hansson P, Hughes R, Nurmikko T, Serra J (2008) Neuropathic pain: redefinition and a grading system for clinical and research purposes. *Neurology.* 70:1630-5.
126. Van Aken H, Wulf H (2010) *Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie.* Stuttgart: Georg Thieme.
127. Van Nooten F, Treur M, Pantiri K, Stoker M, Charokopou M (2017) Capsaicin 8% patch versus oral neuropathic pain medications for the treatment of painful diabetic peripheral neuropathy: a systematic literature review and network meta-analysis. *Clin Ther.* 39:787-803.
128. Vazquez L, Saulacic N, Belser U, Bernard JP (2008) Efficacy of panoramic radiographs in the preoperative planning of posterior mandibular implants: a prospective clinical study of 1527 consecutively treated patients. *Clin Oral Implants Res.* 19:81-5.
129. Waldfogel JM, Nesbit SA, Dy SM, Sharma R, Zhang A, Wilson LM, Bennett WL, Yeh HC, Chelladurai Y, Feldman D, Robinson KA (2017) Pharmacotherapy for diabetic peripheral neuropathy pain and quality of life: a systematic review. *J Neurol.* 88:1958-67.
130. Zaslansky R, Yarnitsky D (1998) Clinical applications of quantitative sensory testing (QST). *J Neurol Sci.* 153:215-38.
131. Zentrum für Krebsregisterdaten (2021) Aktuelle Krebsdaten: Neuerkrankungsraten leicht rückläufig [Internet]. [zitiert am 23.11.21]. URL: https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Kurzbeitraege/Archiv2021/2021_2_Kurzbeitraege_datenaaktualisierung.html
132. Ziegler D, Keller J, Maier C, Pannek J (2017) Diabetische Neuropathie. *Diabetol und Stoffwechsel.* 12:S101-14.
133. Zimmer-Albert C, Pogatzki-Zahn E (2017) *Schmerz und Geschlecht. Schmerzpsychotherapie.* Berlin: Springer.
134. Zink W, Graf B (2011) *Lokalanästhetika. Pharmakotherapie in der Anästhesie und Intensivmedizin.* Berlin: Springer.

9 Anhang

EvaSys	Schädigung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie	
Univ.-Prof. Dr. Dr. Daubländer		

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

Studieninformation

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen – der Universitätsmedizin Mainz

Studienleiterin: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. M. Daubländer

Wissensstand deutscher Zahnärzte zur Schädigung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer

Sehr geehrte Frau Kollegin, sehr geehrter Herr Kollege,

mit diesem Schreiben laden wir Sie ein, an der oben genannten Studie teilzunehmen. Bitte lesen Sie sich die folgenden Informationen sorgfältig durch. Sie können dann entscheiden, ob Sie teilnehmen möchten oder nicht.

Welches Ziel verfolgt die Studie?

Mit der Studie soll durch eine anonyme Befragung Ihr Wissensstand über die Nervschädigung am N. alveolaris inferior und am N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer ermittelt werden. Des Weiteren möchten wir die Häufigkeit einer vorübergehenden und permanenten Funktionsstörung am N. alveolaris inferior und am N. lingualis ermitteln.

Wie läuft die Studie ab?

Bei der Studie möchten wir Sie bitten, einen Fragebogen auszufüllen, der in sechs Abschnitte eingeteilt ist.

Im ersten Teil des Fragebogens geht es um die Anzahl der Leitungsanästhesien und durch die Leitungsanästhesie verursachten Funktionsstörungen des N. alveolaris inferior und des N. lingualis.

Im zweiten Teil werden Sie nach möglichen Risikofaktoren und Ursachen gefragt.

Im dritten Abschnitt bitten wir Sie, die angegebenen Symptome einer Funktionsstörung am N. alveolaris inferior und am N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie nach der Häufigkeit einzuschätzen.

Im vierten Teil werden Sie nach den Diagnostikmethoden und über die weitere Therapie der Patienten gefragt. Nachfolgend sollen Sie bitte angeben, ob Sie weitere Erfahrungen mit einer Nervschädigung aufgrund anderer Ursachen gemacht haben.

Der letzte Abschnitt beinhaltet sechs kurze Angaben, die für die statistische Auswertung der Fragebögen relevant sind.

Insgesamt gibt es 21 Fragen.

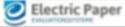
Falls Sie den Fragebogen nicht online beantworten möchten, können Sie den in der E-Mail angehängten Fragebogen ausdrucken und ausfüllen. Wir bitten Sie, uns den Fragebogen an die folgende Adresse zu schicken:

Frau Univ.-Prof. Dr. Dr. Monika Daubländer
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Augustusplatz 2
55131 Mainz

(Bitte notieren Sie nicht Ihre Adresse auf den Briefumschlag, damit die Befragung anonym bleiben kann!
Kennzeichnen Sie bitte den Umschlag mit Nervläsion.)

Welche Risiken sind mit der Teilnahme verbunden?

Mit Ihrer Teilnahme sind keine Risiken für Sie verbunden.

EvaSys	Schädigung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie	
--------	------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Studieninformation [Fortsetzung]

Habe ich einen persönlichen Nutzen?

Durch die Teilnahme können Sie die Thematik reflektieren.

Entstehen mir durch die Teilnahme Kosten? / Erhalte ich eine Bezahlung bzw. Aufwandsentschädigung?

Die Studienteilnahme ist für Sie kostenlos. Sie erhalten keine Bezahlung bzw. Aufwandsentschädigung.

Informationen zum Datenschutz:

Die für die Studie relevanten Daten werden in anonymisierter Form erhoben, gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls an Dritte einschließlich Publikationen weitergegeben. Die Studienleitung wird alle angemessenen Schritte unternehmen, um den Schutz Ihrer Daten gemäß dem deutschen Datenschutzstandards zu gewährleisten. Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert.

Freiwilligkeit / Rücktritt:

Die Teilnahme an der Studie erfolgt freiwillig. Falls Sie teilnehmen möchten, bitten wir Sie, der Einwilligungserklärung zuzustimmen. Sie können die Teilnahme jederzeit ohne Begründung abbrechen, ohne dass für Sie Nachteile entstehen. Bei einem Abbruch werden alle erhobenen Daten gelöscht. Am Ende des Fragebogens werden Sie noch einmal gefragt, ob Sie an der Studie teilnehmen möchten. Sie können sich dann noch dagegen entscheiden. Wenn Sie die Befragung vollständig beendet und eingewilligt haben, können Sie Ihre Teilnahme nicht mehr widerrufen. Die Befragung erfolgt anonym, somit können die Daten nicht einzelnen Personen zugeordnet werden. Die Daten werden nach Studienabschluss 10 Jahre gespeichert.

Weitere Information:

Für weitere Informationen sowie für Auskünfte über allgemeine Ergebnisse und den Ausgang der Studie steht Ihnen als Leiterin der Studie Frau Univ.-Prof. Dr. Dr. Daubländer (E-Mail: nervlaesion@uni-mainz.de) zur Verfügung.

Wir freuen uns, wenn Sie das Forschungsprojekt unterstützen und teilnehmen!

Einwilligungserklärung

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen – der Universitätsmedizin Mainz

Studienleiterin: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. M. Daubländer

Wissensstand deutscher Zahnärzte zur Schädigung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis durch eine Leitungsanästhesie im Unterkiefer

Einwilligungserklärung

„Ich erkläre mich bereit, an der o.g. Studie freiwillig teilzunehmen. Ich bin in der Studienaufklärung ausführlich und verständlich über den Aufbau des Fragebogens und das Ziel der Studie aufgeklärt worden. Alle meine Fragen wurden zufriedenstellend beantwortet und ich kann jederzeit neue Fragen per E-Mail stellen. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen die Teilnahme an der Befragung abbrechen kann, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.“

Ich habe verstanden, dass keine Gesundheitsdaten erhoben werden. Meine Antworten im Fragebogen werden anonymisiert erhoben und gespeichert, d.h. sie können nicht meiner Person zugeordnet werden. Die Weitergabe an Dritte einschließlich Publikation erfolgt ausschließlich in anonymer Form. Wenn ich die Befragung vollständig abgeschlossen und eingewilligt habe, kann ich die Teilnahme nicht mehr widerrufen. Die Daten werden nach Studienabschluss 10 Jahre aufbewahrt. Ein Exemplar der Studieninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten, gelesen und verstanden.

Wenn ja, welche Diagnostikmethoden wenden Sie bei den Patienten mit den Symptomen einer Funktionsstörung des N. lingualis an? [Fortsetzung]

andere:

Führen Sie die Therapie der Patienten mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis fort oder überweisen Sie die Patienten an einen Spezialisten?

Ich bestelle die Patienten zur Verlaufskontrolle ein und überweise sie nicht weiter.

Ich bestelle die Patienten zur Verlaufskontrolle ein und wenn keine Besserung zu beobachten ist, überweise ich die Patienten an einen Kollegen der folgenden Fachrichtung:

MKG Oralchirurgie Neurologie Schmerztherapie

Ich überweise die Patienten direkt an einen Kollegen der folgenden Fachrichtung.

In welchem Abstand bestellen Sie die Patienten zur Verlaufskontrolle ein?

täglich wöchentlich pro Quartal

in einem Rhythmus von:

Leiten Sie bei schmerzhaften Nervläsionen eine medikamentöse Therapie ein?

ja nein

Wenn ja, welche medikamentöse Therapie wenden Sie an?

Sie können ggf. mehrere Antwortmöglichkeiten ankreuzen.

Analgetika Antikonvulsiva Antidepressiva

mit anderen Medikamenten:

Welche Dokumentation führen Sie durch?

Sie können ggf. auch mehrere Antwortmöglichkeiten ankreuzen.

Befundbeschreibung in Karteikarte Fotodokumentation

andere Dokumentation:

Haben Sie Erfahrung in der Betreuung von Patienten mit einer Funktionsstörung des N. alveolaris inferior und des N. lingualis aufgrund anderer Ursachen?

ja nein

Wenn ja, welche Ursachen hatten die Funktionsstörungen?

Wenn ja, welche Ursachen hatten die Funktionsstörungen? [Fortsetzung]

Sie können ggf. mehrere Antwortmöglichkeiten ankreuzen.

- postoperativ posttraumatisch
andere Ursachen:

Die folgenden Angaben werden nur für statistische Auswertungen benötigt.

Ich arbeite in einer Klinik.

- ja nein

Meine Praxis ist in einem

- ländlichen Umfeld städtischen Umfeld

Fachgebiet

- Zahnarzt Oralchirurgie Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie

Wie lange sind Sie schon in Ihrem Fachgebiet tätig?

Geschlecht

- weiblich männlich

Alter

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!**Einwilligungserklärung**

Mit JA erkläre ich, dass ich zustimme, an dieser Studie teilzunehmen. Ich habe verstanden, dass ich nach Abschluss der Befragung und Einwilligung die Teilnahme nicht mehr widerrufen kann. Da die Befragung anonym ist, können die Daten nicht einzelnen Personen zugeordnet werden.

- JA

10 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt ..., meiner Doktormutter, für die unterstützende Betreuung und Beratung während der Entstehung dieser Arbeit. Vielen Dank für die konstruktiven Anregungen, zahlreichen Impulse und geduldigen Antworten.

Ebenfalls danken möchte ich ... aus der Abteilung für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik für die gute Zusammenarbeit bei der statistischen Auswertung dieser Dissertation.

Vielen Dank all den Mitarbeitern/ -innen der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Mainz und den Mitarbeitern/ -innen der niedergelassenen Praxen aus Rheinland-Pfalz für die freiwillige Teilnahme an dieser Studie.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, die mir meinen bisherigen Lebensweg ermöglicht haben und die für mich immer ein offenes Ohr sowie aufmunternde Worte haben.

11 Curriculum Vitae