

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Klinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Martin Gosau

Führt eine digitale Volumentomographie zu einer Verminderung der Komplikationen bei einer Weisheitszahnentfernung?

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
im Fachbereich Zahnmedizin der Universität Hamburg

vorgelegt von:

Tony Sorowka

aus Wippra

Hamburg 2019

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 25.02.2020**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: PD Dr. Henning Hanken

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Dr. Marco Blessmann

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
1.1 Ziel der Untersuchung	4
1.2 Anatomische Grundlagen	4
1.3 Radiologische Grundlagen	7
1.3.1 Zweidimensionale radiologische Diagnostik	
1.3.2 Dreidimensionale radiologische Diagnostik	
1.4 Chirurgische Grundlagen	16
1.4.1 Indikationen zur operativen Weisheitszahnentfernung	
1.4.2 Kontraindikationen zur operativen Weisheitszahnentfernung	
1.4.3 Aufklärung	
1.4.4 Chirurgisches Vorgehen	
1.5 Sensibilitätsstörungen im Innervationsgebiet des Nervus alveolaris inferior	20
1.5.1 Diagnostik iatrogenen Nervenläsionen	
1.5.2 Therapie iatrogenen Nervenläsionen	
2. Material und Methoden	23
2.1 Einschlusskriterien	23
2.2 Ausschlusskriterien	23
2.3 Methode der Untersuchung	23
3. Ergebnisse	26
3.1 Epidemiologie	26
3.2 Intraoperative Ergebnisse	27
3.3 Postoperative Ergebnisse	27
3.4 Radiologische Ergebnisse	28
4. Diskussion	33
4.1 Epidemiologie	33
4.2 OP-Dauer	33
4.3 Postoperative Schmerzen und Schwellung	34
4.4 Radiologische Befunde	34
4.5 Strahlenbelastung	40
4.6 Klinische Schlussfolgerung	41
5. Zusammenfassung	43
6. Abkürzungsverzeichnis	45
7. Literatur	46
8. Danksagung	52
9. Lebenslauf	53
10. Eidesstattliche Erklärung	54

1. Einleitung

1.1 Ziel der Untersuchung

Das Ziel dieser Untersuchung ist die Bewertung der digitalen Volumentomographie (DVT) in Bezug auf die operative Entfernung unterer dritter Molaren, insbesondere die Untersuchung einer möglichen Korrelation zwischen verschiedenen Verläufen des Canalis mandibulae und dem Risiko einer iatrogenen postoperativen Sensibilitätsstörung im Innervationsgebiet des Nervus alveolaris inferior.

Entsprechend zuletzt veröffentlichter Leitlinien stellt eine enge Lagebeziehung des Canalis mandibulae mit dem unteren dritten Molaren in der zweidimensionalen radiologischen Bildgebung eine Indikation zur dreidimensionalen Diagnostik dar (Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde 2013). Zahlreiche Autoren haben jedoch in der jüngsten Vergangenheit den Nutzen der dreidimensionalen Bildgebung für die operative Weisheitszahnentfernung infrage gestellt (Guerrero et al. 2012, Ghaeminia et al. 2015). Diese Studien beschäftigten sich meist mit der Frage, ob die DVT das Risiko einer postoperativen Sensibilitätsstörung senkt. Die vorliegende retrospektive Untersuchung soll indes zeigen, welche radiologischen Zeichen im DVT auf ein erhöhtes Risiko der Nervschädigung hinweisen und ob die DVT helfen kann, die Zahl von Nervschädigungen zu mindern.

1.2 Anatomische Grundlagen

Der Durchbruch der unteren dritten Molaren erfolgt zumeist nach Abschluss der zweiten Phase der Wechselgebissperiode, häufig zwischen dem 16. und 18. Lebensjahr. Sowohl die Form der klinischen Krone als auch die Wurzelanatomie der unteren dritten Molaren variieren stark (Schumacher 1997). Die Lagevarianten der unteren dritten Molaren reichen von der regelrechten Lage mit Normalokklusion über die Teilretention bis zur vollständigen Retention und Impaktion. Während der retinierte Zahn vollständig von knöchernen Strukturen umgeben ist, verhindert beim impaktierten Zahn ein unter Umständen pathologischer Prozess – zum Beispiel eine Zyste oder ein Nachbarzahn – den Durchbruch. Bei der Verlagerung des dritten unteren Molaren kann der Zahn relativ zur anatomisch angestammten Lage nach

lingual, vestibulär oder distal verlagert, gekippt oder gedreht sein beziehungsweise einen Hoch- oder Tiefstand aufweisen.

Entwicklungsgeschichtlich ist die Zahl permanenter Zähne gleich geblieben, während das Knochenvolumen zurückgegangen ist. So besteht häufig ein Platzmangel, was den Durchbruch der unteren dritten Molaren erschwert: Mehr als 80 Prozent der westeuropäischen Bevölkerung sind von der Retention eines oder mehrerer Weisheitszähne betroffen (Gutwald et al. 2010).

In unmittelbarer Nähe zum unteren dritten Molar verläuft der N. alveolaris inferior im Corpus mandibulae von posterior nach anterior als Ast des N. mandibularis (N.V₃). Er verläuft dorsal und lateral vom N. lingualis und tritt am Foramen mandibulae in den Canalis mandibulae ein. In seinem Verlauf durch den Corpus mandibulae ziehen die Fasern vom lingual gelegenen Foramen mandibulae zum vestibulär gelegenen Foramen mentale (Bild 1, Bild 2) (Khorshidi et al. 2017).

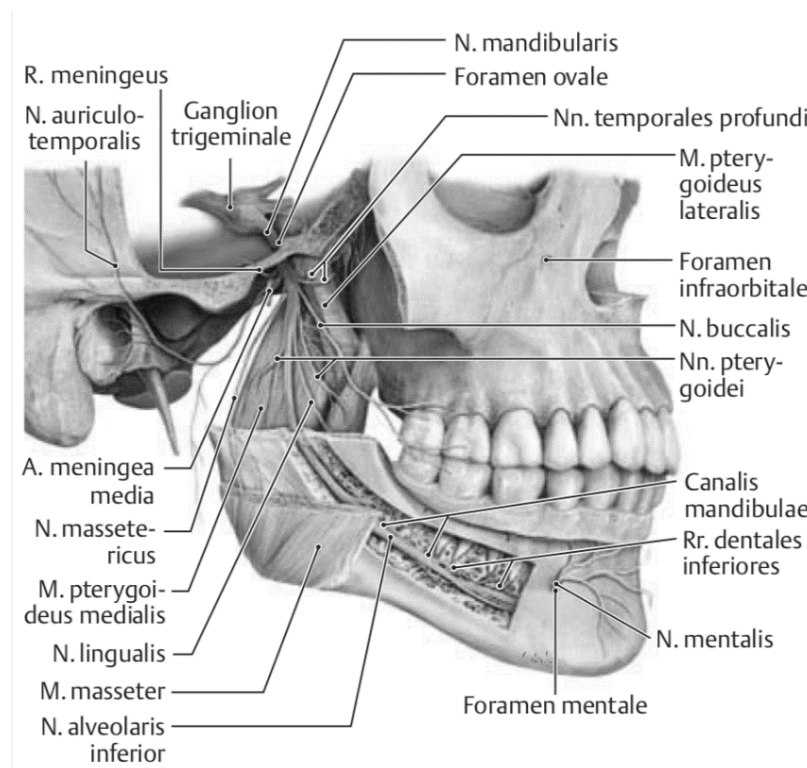


Bild 1: Äste des Nervus mandibularis

Aus: *Duale Reihe Anatomie* (Georg Thieme Verlag 2017, 4. Auflage)

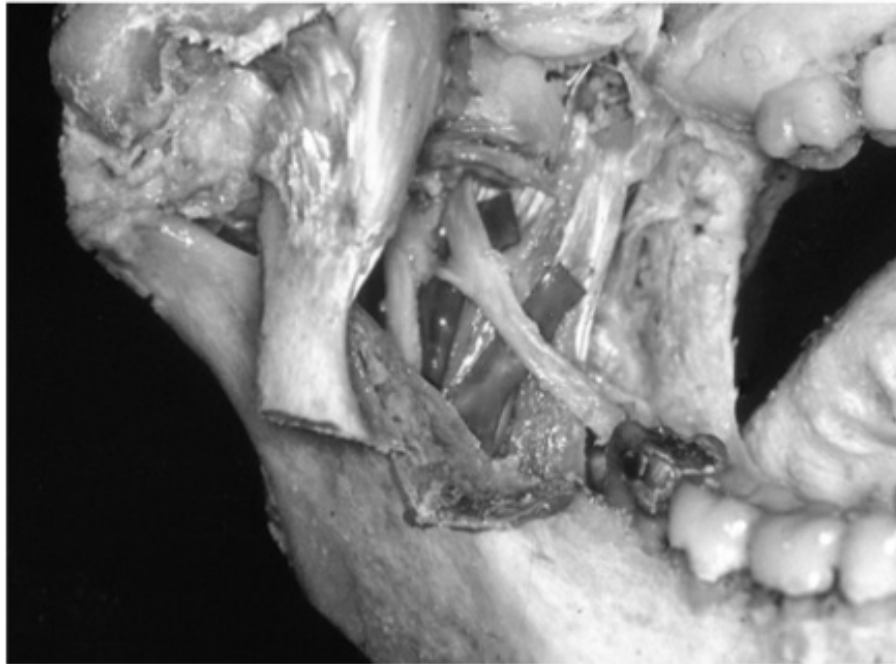


Bild 2: Verlauf des Nervus lingualis und Nervus alveolaris inferior, Humanpräparat
 Aus: Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie (Georg Thieme Verlag, 2011)

Das neurovaskuläre Bündel enthält sensible Fasern für die Zähne des Unterkiefers, die vestibuläre Gingiva, die Haut von Kinn und Unterlippe sowie motorische Fasern für die Mundbodenmuskulatur. Bevor der N. mentalis am Foramen mentale austritt, entlässt der N. alveolaris inferior mit dem N. mylohyoideus seine motorischen Fasern (Schumacher 1997, Kieser et al. 2005). Verlauf und Form des N. alveolaris inferior variieren stark. Neben akzessorischen Eintritts- und Austrittspunkten werden in der Literatur Nervenverläufe mit multiplen Verzweigungen und plexusähnlichen Verläufen beschrieben (Bild 3) (Castro et al. 2018, Kieser et al. 2005).

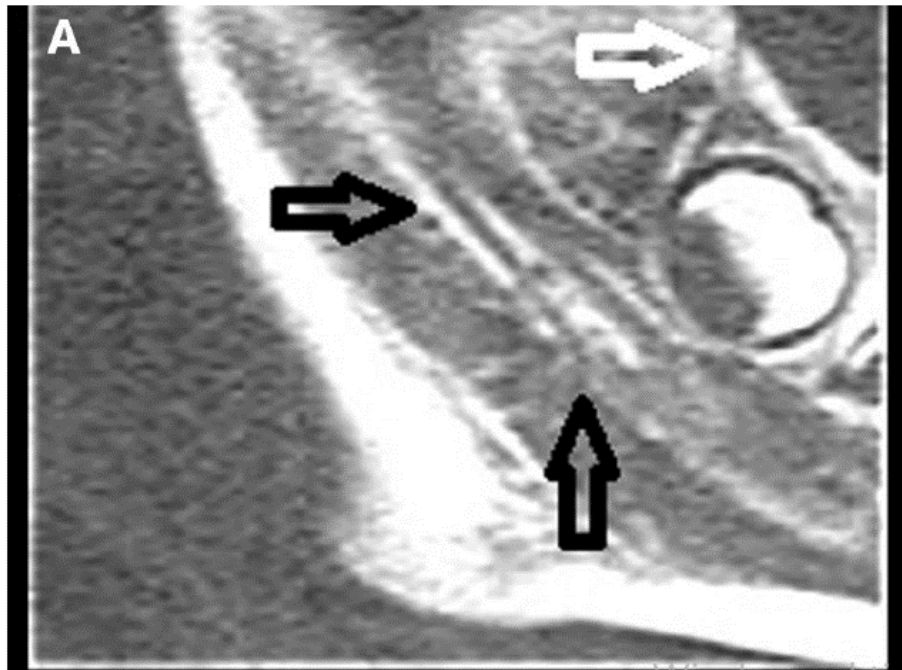


Bild 3: Darstellung eines plexusähnlichen Canalis mandibulae, DVT

Aus: Castro et al., Mandibular canal branching assessed with cone beam computed tomography (La Radiologia medica 2018)

Der für den Chirurgen wichtige Verlauf des N. alveolaris inferior relativ zum unteren dritten Molar wird in der Fachliteratur allerdings kontrovers diskutiert. Häufigkeitsverteilungen in verschiedenen Studien zeigen beeindruckende Unterschiede und sind zum Teil widersprüchlich (Flygare und Ohman 2008).

Eine weitere schonungspflichtige anatomische Struktur in der Nähe des unteren dritten Molaren ist der N. lingualis. Er ist ebenfalls ein Ast des N. mandibularis. Der N. lingualis innerviert sensibel die Zunge, die linguale Seite der Gingiva und die Sublingualregion. Darüber hinaus führt er postganglionäre parasymphatische Fasern und Geschmackfasern aus der Chorda tympani (Schumacher 1997).

1.3 Radiologische Grundlagen

Wenn Weisheitszähne operativ entfernt werden, ist eine radiologische Diagnostik obligat, die möglichst alle schonungspflichtigen anatomischen Strukturen darstellt, um eventuelle Operationsrisiken bewerten zu können (Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde 2013, Matzen et al. 2016). Das Röntgenbild sollte den gesamten Zahn, den umgebenden Knochen und wichtige anatomische Strukturen zeigen, wie Nachbarzähne und den Canalis mandibulae (Flygare und

Ohman 2008). Zur radiologischen Diagnostik eignen sich grundsätzlich die intraorale Röntgentechnik (Zahnfilm), die Orthopantomographie (OPG), die besagte DVT und die konventionelle, transversale Computertomographie (CT) (Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde 2013, Flygare und Ohman 2008, Matzen et al. 2016). Die Bandbreite dessen reicht von strahlenarmen, sozioökonomisch günstigen und anwenderfreundlichen Röntgenverfahren bis zu technisch anspruchsvollen, kosten- und strahlenintensiven Techniken. Einhergehend verändern sich allerdings auch die Darstellbarkeit anatomischer Strukturen und damit der Informationsgehalt des Röntgenbildes. Auch bei der Diagnostik vor einer operativen Weisheitszahnentfernung gilt indes das ALARA-Prinzip (As-Low-As-Reasonably-Achievable). Deswegen sucht die Fachwelt stets nach der jeweiligen Aufnahmetechnik mit der geringsten Strahlenbelastung bei möglichst hohem relevantem Informationsgehalt (Flygare und Ohman 2008).

1.3.1 Zweidimensionale radiologische Diagnostik

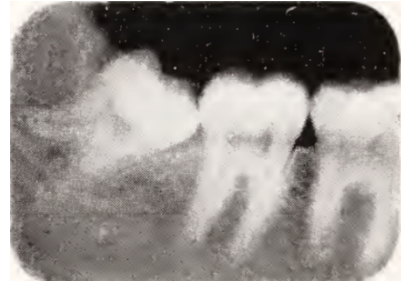
Die intraorale Zahnfilmtechnik ist das in der Zahnarztpraxis am häufigsten angewendete Röntgenverfahren (Matzen et al. 2016). Ein extraoral gelegener Röntgentubus wird so positioniert, dass die ionisierenden Strahlen auf einen intraoral gelegenen Empfänger treffen (Zahnfilm oder Sensor) (Pasler 2008). Der Vorteil dessen liegt in der vergleichsweise geringen effektiven Strahlendosis von durchschnittlich 5 μ Sv (Chauhan und Wilkins 2019). Einen retinierten oder impaktierten unteren dritten Molar inklusive der genannten schonungspflichtigen anatomischen Strukturen vollständig darzustellen, ist wegen des kleinen Bildausschnitts jedoch schwer. Darüber hinaus empfinden Patienten die richtige Platzierung des Zahnfilms beziehungsweise des Bildsensors oft als äußerst unangenehm, zum Teil tolerieren sie die Durchführung der Röntgenaufnahme nicht.

Vor Einführung des OPG stand der dentoalveolären Chirurgie trotz ihrer Limitationen lediglich die Zahnfilmtechnik zur Verfügung. Bereits 1926 führte George B. Winter eine Klassifikation zur Lagebeschreibung unterer dritter Molaren auf intraoralen Zahnfilmen ein (Winter 1926). Diese Einteilung bezieht sich lediglich auf die Zahnachse des Molars relativ zu den Zahnachsen der Restbezahnung. Winter unterschied zwischen der vertikalen, achsengerechten Retention, der mesio-

und distoangulären Verlagerung, der horizontalen Verlagerung und der transversalen Verlagerung (Bild 4).



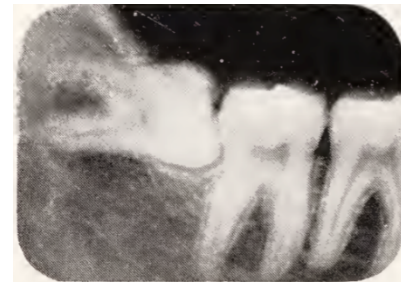
Vertikale Retention



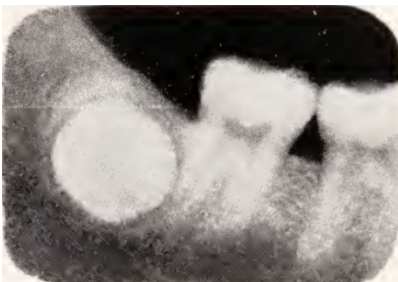
Mesioanguläre Verlagerung



Distoanguläre Verlagerung



Horizontale Verlagerung



Transversale Verlagerung

Bild 4: Klassifikation nach Winter, Zahnfilm

Aus: Winter, *Principles of exodontia as applied to impacted mandibular third molars*
(American Medical Book Company, 1926)

Wenige Jahre später stellten G. J. Pell und G. T. Gregory im Dental Digest eine weitere, deutlich differenziertere Klassifikation zusammen mit einer modifizierten Operationstechnik vor (Pell und Gregory 1933). Bei dieser Klassifikation wird zunächst das mesiodistale Platzangebot zwischen Ramus mandibulae und dem

unteren zweiten Molaren bewertet (Klasse 1–3). Anschließend wird die Position des unteren dritten Molars relativ zur Okklusionsebene beschrieben (Position A, B, C). Tabelle 1 fasst die möglichen Kombinationen der Klassifikation nach Pell und Gregory zusammen; Bild 5 zeigt beispielhaft Zahnfilmaufnahmen der jeweiligen Klassifikationen. Die Klassifikation nach Winter sowie diejenige nach Pell und Gregory sind neben einigen anderen Klassifikationen bis heute in der internationalen Literatur vertreten.

Tabelle 1: Klassifikation nach Pell und Gregory

	Beschreibung	Position A	Position B	Position C
Klasse 1	Das mesiodistale Platzangebot reicht aus.	Teile des Zahns liegen oberhalb der Okklusionsebene.	Der kranialste Punkt des Zahns liegt zwischen der Okklusionsebene und der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molars.	Der kranialste Punkt des Zahns liegt unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molars.
Klasse 2	Das Platzangebot beträgt weniger als die mesiodistale Ausdehnung des dritten Molars.			
Klasse 3	Der dritte Molar befindet sich im Ramus mandibulae.			

ROENTGENOGRAPHIC STUDY OF THE CLASSIFICATION

Class I



1A
Position A
Mesio-angular



1B
Position B
Vertical



1C
Position C
Horizontal

Class II



2A
Position A
Horizontal



2B
Position B
Vertical

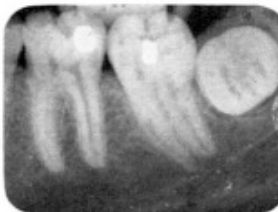


2C
Position C
Vertical with lingual deflection

Class III



3-B
Position B—Mesio-angular.
Note relationship to mandibular canal



3B
Position B
Complete lingual deflection



3C
Position C
Note relationship to mandibular canal

Bild 5: Klassifikation nach Pell und Gregory, Zahnfilm

Aus: Pell, Impacted mandibular third molars: Classification and modified technique for removal
(The dental digest, 1933)

Im Gegensatz zur Zahnfilmtechnik befinden sich beim Panoramaschichtgerät die Röntgenquelle und das Bildmedium außerhalb der Mundhöhle. Panoramaschichtaufnahmen sind Zonographien mit während der Exposition wechselnden Schichtdicken, kombiniert mit einer Slot-Technik. Die Schichtdicken variieren von etwa 9 mm im Frontzahnbereich bis etwa 20 mm im Bereich der Kiefergelenke. So können die Kiefer und der Zahnbogen zweidimensional auf einem Bild dargestellt werden (Bild 6) (Pasler und Visser 2003). Die Orthopantomographie bietet dem Betrachter naturgemäß mehr anatomische Strukturen als die intraorale Aufnahme. Das Orthopantomogramm (OPG) stellt neben dem beidseitigen Verlauf des Canalis mandibulae ebenso das Foramen mandibulae und das Foramen mentale dar. Darüber hinaus lassen sich der Grad der Retention oder Impaktion der unteren dritten Molaren, deren Position in Relation zum aufsteigenden Ast, eine eventuelle Angulation sowie die Kronen- und Wurzelanatomie bewerten. Außerdem zeigt das OPG eine mögliche Kommunikation des unteren dritten Molars mit dem N. alveolaris inferior auf (Leung und Cheung 2011b). Die effektive Strahlendosis bei dieser Technik liegt bei 9 bis 24 μSv (Chauhan und Wilkins 2019). In der Vergangenheit haben verschiedene Autoren radiologische Zeichen untersucht, die mit einer möglichen intraoperativen Schädigung des N. alveolaris inferior im Rahmen der operativen Weisheitszahnentfernung korrelieren. Im Jahr 1990 untersuchte Rood sieben radiologische Zeichen, die mit einer Schädigung des N. alveolaris inferior in Zusammenhang stehen könnten. Diese Zeichen waren „darkening of root“, „deflected roots“, „narrowing of the root“, „dark and bifid root“, „interruption of the white line(s)“, „diversion of the inferior alveolar canal“ und „narrowing of the inferior alveolar canal“ (Bild 7) (Rood und Nooraldeen Shehab 1990).



Bild 6: Präoperatives Orthopantomogramm (OPG) vor der Entfernung der Zähne 28, 38, 48

Figures prepared as tracings from radiographs.

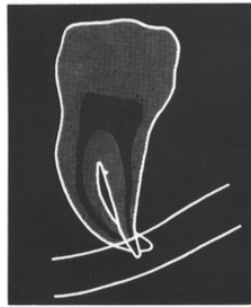


Fig. 1 - Darkening of root.

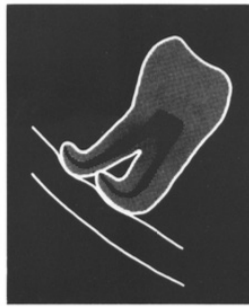


Fig. 2 - Deflection of root.

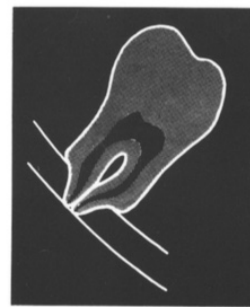


Fig. 3 - Narrowing of root.



Fig. 4 - Dark and bifid apex of root.

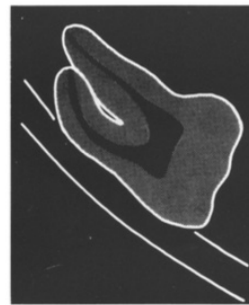


Fig. 5 - Interruption of white line of canal.

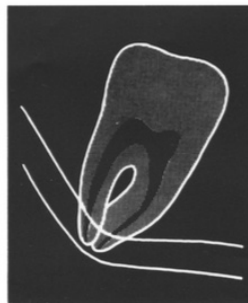


Fig. 6 - Diversion of canal.

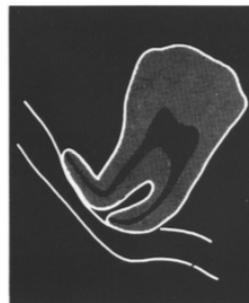


Fig. 7 - Narrowing of canal.

Bild 7: Radiologische Zeichen für ein erhöhtes Operationsrisiko im Orthopantomogramm (OPG)

Aus: Rood, *The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery* (British journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 1990)

Diese Risikofaktoren wurden in der Fachliteratur häufig als Anzeichen einer engen Lagebeziehung zwischen dem unteren dritten Molar und dem N. alveolaris inferior genannt (Barraclough et al. 2017, Hasegawa et al. 2013). Mehrere Studien haben jedoch gezeigt, dass der Operateur mithilfe des OPG keine hinreichende Aussage über diese Lagebeziehung treffen kann. Weder eines der zuvor genannten radiologischen Phänomene allein, noch die Kumulation mehrerer Phänomene, scheint mit einem erhöhten Risiko der Nervschädigung zu korrelieren (Bell 2004, Gomes et al. 2008).

1.3.2 Dreidimensionale radiologische Diagnostik

Eine enge Lagebeziehung zwischen dem unteren dritten Molar und dem Mandibularkanal allerdings stellt heute eine Indikation zur dreidimensionalen radiologischen Diagnostik dar (Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde 2013). Sowohl die CT als auch die DVT ermöglichen es, knöcherne Strukturen dreidimensional zu rekonstruieren. Auf diese Weise ist es möglich, die genaue Lage und Anatomie des unteren dritten Molars, dessen Abstand zum Canalis mandibulae und etwaige anatomische Besonderheiten zu erkennen (Bild 8). Dies ist bereits seit 1972 so möglich. Dennoch hat sich die routinemäßige Anwendung der CT im zahnärztlich-chirurgischen Bereich nicht durchgesetzt. Dies ist vor allem auf die anfänglich hohe Strahlenbelastung zurückzuführen sowie darauf, dass CT-Geräte ambulant kaum zur Verfügung stehen (Angelopoulos et al. 2012).

Die Markteinführung kleiner und preisgünstiger DVT-Geräte in den frühen 2000er-Jahren gab Zahnärzten und Oralchirurgen dann die Möglichkeit einer kosteneffektiven dreidimensionalen Diagnostik in Kombination mit einer geringen Strahlenbelastung für Patienten und Fachpersonal (Friedland et al. 2008, Klatt et al. 2011). Bei der Anfertigung eines DVT, durchquert das vom Fokus punktförmig ausgehende, sich in Richtung Objekt und Detektor kegelförmig ausbreitende Strahlenbündel das Volumen des Gesichtsschädels und erreicht darauf das runde Feld des Flachdetektors (Pasler 2008). Im Gegensatz zur CT, bei der ein fächerförmiges Strahlenbündel das zu untersuchende Objekt mehrmals umkreist, ist für ein DVT nur ein Umlauf nötig. Die effektive Strahlendosis dabei variiert je nach Volumengröße und Umlaufdauer (Field-of-View) zwischen 9,7 und 1073 μSv (Al-Okshi et al. 2015).

Neben der Einführung der DVT hat sich auch die CT-Technologie in den vergangenen Jahrzehnten deutlich weiterentwickelt. Heutige Multidetektor-Computertomographen (MDCT) können durch Low-Dose-Protokolle eine effektive Strahlendosis von 0,15 mSv erreichen (Ohman et al. 2008).

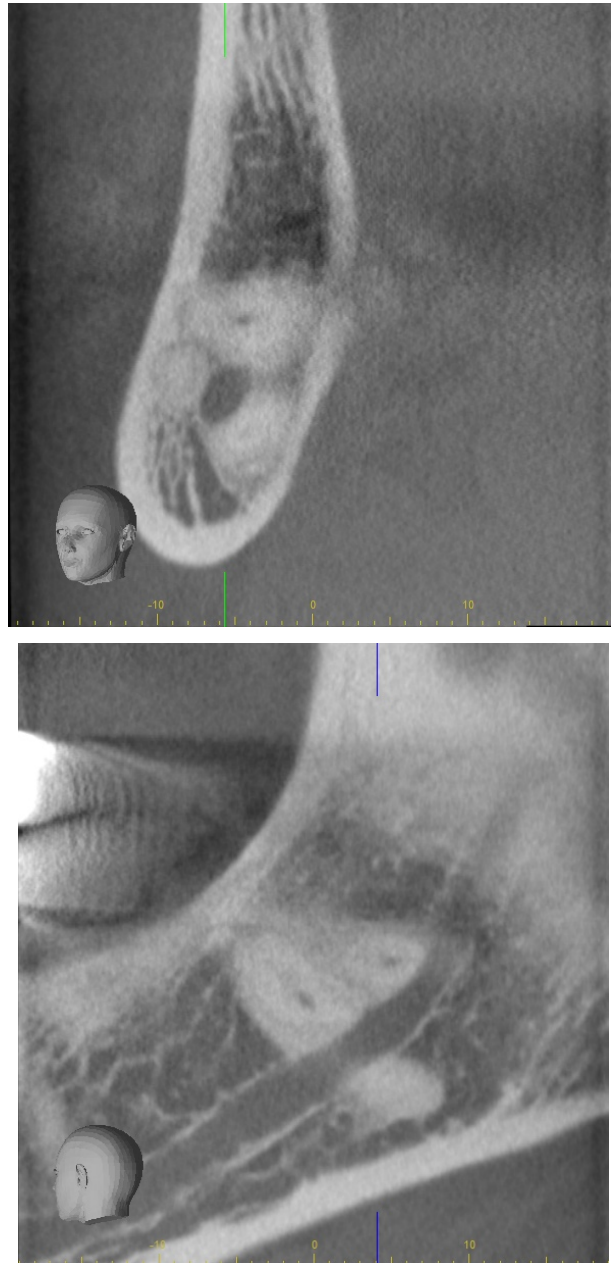


Bild 8: Coronal- und Sagittalschnitt des Zahns 38 mit interradiikulärem Kanalverlauf, DVT

1.4 Chirurgische Grundlagen

1.4.1 Indikationen zur operativen Weisheitszahnentfernung

Grundsätzlich ist bei der Indikationsstellung zur Weisheitszahnentfernung zwischen klinisch beziehungsweise radiologisch symptomlosen und symptomatischen Zähnen zu unterscheiden. Symptomatische untere dritte Molaren zu entfernen, wird in der Fachliteratur in der Regel befürwortet – die Entfernung symptomloser Weisheitszähne wird dagegen seit Jahren kontrovers diskutiert (Steed 2014). Die

Konsensus-Empfehlung der deutschen zahnärztlichen Fachgesellschaften beinhaltet folgende Indikationen zur Weisheitszahnentfernung:

- akute oder chronische Infektionen (Dentitio difficilis),
- Pulpaexposition durch Zahnkaries,
- Hinweise, dass der Weisheitszahn eine relevante Schmerzursache darstellt,
- nicht restaurierbare, kariös zerstörte Zähne oder nicht behandelbare Pulpitis,
- nicht behandelbare periapikale Veränderungen,
- manifeste pathologische Strukturen in Zusammenhang mit Zahnfollikeln (zum Beispiel Zyste oder Tumor) oder der Verdacht auf derartige Veränderungen,
- Resorptionen an benachbarten Zähnen,
- Zusammenhang mit der Behandlung parodontaler Erkrankungen,
- Zähne, die bei der kieferorthopädischen und rekonstruktiven Chirurgie stören,
- Zähne im Bruchspalt, die die Frakturbehandlung erschweren,
- Verwendung des Zahns zur Transplantation sowie
- manifeste Störungen der dynamischen Okklusion durch einen elongierten beziehungsweise gekippten Weisheitszahn.

Eine Indikation zur Entfernung von Weisheitszähnen *kann* bestehen:

- bei prophylaktischer Zahnentfernung aus übergeordneten, der Lebensführung zuzuordnenden Gesichtspunkten (zum Beispiel bei fehlender Verfügbarkeit medizinischer Versorgung etc.),
- wenn andere Maßnahmen unter Narkose vorgenommen werden und eine erneute Narkose zur Entfernung eines Weisheitszahns durchgeführt werden müsste,
- bei geplanter prothetischer Versorgung, wenn ein sekundärer Durchbruch aufgrund der weiteren Atrophie des Alveolarkamms beziehungsweise aufgrund der Druckbelastung durch herausnehmbaren Zahnersatz zu erwarten ist,
- zur Vereinfachung der kieferorthopädischen Zahnbewegungen und/oder zur Erleichterung der kieferorthopädischen Retention.

1.4.2 Kontraindikationen zur operativen Weisheitszahnentfernung

Eine Indikation zur Weisheitszahnentfernung besteht nicht:

- sofern eine spontane, regelrechte Einstellung der Weisheitszähne in die Zahnreihe zu erwarten ist,
- wenn eine Extraktion anderer Zähne und/oder eine kieferorthopädische Behandlung mit Einordnung des Zahns sinnvoll ist,
- bei tief impaktierten und verlagerten Zähnen ohne assoziierte pathologische Befunde, bei denen ein hohes Risiko operativer Komplikationen besteht.

Darüber hinaus gelten für die unteren dritten Molaren dieselben Kontraindikationen wie für die allgemeine Zahnextraktion. Diese sind überwiegend von temporärer Natur:

- wenn allgemeinmedizinische Gründe oder lokale Erkrankungen das Risiko einer Extraktion zum aktuellen Zeitpunkt nicht vertretbar erscheinen lassen,
- bei angeborenen oder erworbenen Störungen der Hämostase,
- bei schwerer Herz-Kreislauf-Insuffizienz,
- innerhalb der akuten Phase eines Herzinfarktes,
- bei akuten Leukämien und Agranulozytosen sowie
- während Bestrahlung und Chemotherapie.

Liegt eine temporäre Kontraindikation vor, sind im Rahmen der zahnärztlichen Behandlung die erfolgreiche Schmerztherapie und Behandlung akuter Entzündungen oberstes Behandlungsziel (Abszessinzigion und -drainage, Trepanation, gegebenenfalls eine Antibiotikatherapie) (Schwenzer und Ehrenfeld 2009).

1.4.3 Aufklärung

Vor der operativen Entfernung unterer dritter Molaren hat eine vollständige und rechtzeitige Aufklärung über die möglichen Komplikationen zu erfolgen: Welche möglichen Risiken birgt die Entfernung und welche Risiken gibt es, retinierte Zähne zu belassen? Hierzu gehört auch, umfassend aufzuklären, dass sensible Gesichtsnerven (N. alveolaris inferior und N. lingualis) geschädigt werden könnten,

dass nach der Operation eine Knocheninfektion auftreten könnte, dass das Risiko einer Kieferfraktur besteht sowie das Risiko, einen Nachbarzahn zu verletzen.

1.4.4 Chirurgisches Vorgehen

Nach intraoraler Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior erfolgt die Inzision im Sinne eines Winkelschnitts distal des zweiten unteren Molars. Die Schnittführung erfolgt stets auf Knochenunterlage. Der distale Schenkel des Winkelschnitts verläuft in Verlängerung der Längsfissur des unteren zweiten Molars und zeigt streng nach vestibulär und dorsal. Dies soll vermeiden, den oberflächlich gelegenen N. lingualis zu verletzen. Die Schnittführung nach mesial verläuft marginal am zweiten unteren Molar und wird bei Bedarf ins Vestibulum entlastet (Bild 9). Anschließend erfolgt die Präparation eines Mukoperiostlappens. Die Weichteile werden mittels Wundhaken abgehalten. Mit einer mittelgroßen Kugelfräse wird die vestibuläre Knochenlamelle bis auf den maximalen Kronenumfang des unteren dritten Molars abgetragen. Die Osteotomie sollte stets unter Kühlung mit steriler Kochsalzlösung erfolgen. Der N. lingualis kann währenddessen durch subperiostales Einlegen eines Raspatoriums geschützt werden. Je nach Retentionsform sollte der untere dritte Molar geteilt werden, um Raum für die Luxation zu schaffen und den Knochendefekt so klein wie möglich zu halten. Für den Fall, dass eine enge Lagebeziehung zum N. alveolaris inferior besteht, ist eine zusätzliche orovestibuläre Trennung der Wurzel empfehlenswert. Nach vollständiger Entfernung des Zahns muss das Zahnsäckchen sorgfältig entfernt werden. Anschließend sollten die Wundränder mit Einzelknopfnähten adaptiert werden (Schwenzer und Ehrenfeld 2009).

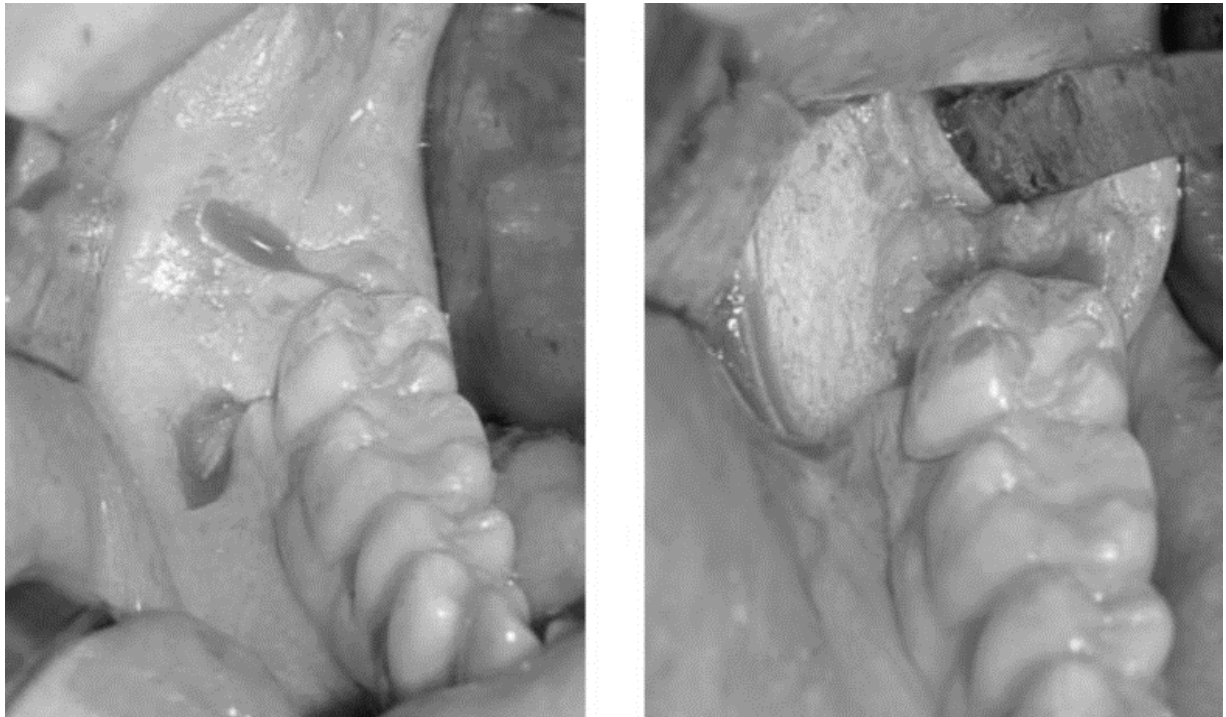


Bild 9: Schnittführung und Darstellung des retinierten Zahns 48

Aus: Schwenger, Zahnärztliche Chirurgie (Georg Thieme Verlag, 2009)

1.5 Sensibilitätsstörungen im Innervationsgebiet des N. alveolaris inferior

Die Ursachen für eine Sensibilitätsstörung im Innervationsgebiet des N. alveolaris inferior können vielfältig sein. Eine Schädigung des Nerven äußert sich durch Paraästhesie, Hypästhesie oder Anästhesie im Bereich der ipsilateralen Unterlippe, der vestibulären Lippenschleimhaut und je nach Verletzungsort der bukkalen Gingiva in der Prämolaren- und Molarenregion. Die Störung kann temporär für Tage oder Wochen, aber auch permanent ohne Aussicht auf vollständige Heilung vorliegen. Sensible Reizerscheinungen entwickeln sich protrahiert nach Wochen und Monaten in Form von Kribbeln, Brennen oder Schmerzen unterschiedlicher Intensität. Hauptursache für solche Erkrankungen ist die iatrogene Schädigung des Nerven im Rahmen dentoalveolärer sowie mund-, kiefer- und gesichtschirurgischer Eingriffe (Schultze-Mosgau und Reich 1993).

Die operative Weisheitszahnentfernung, Zystektomien, Wurzelspitzenresektionen und die Insertion enossaler Implantate sind nur eine Auswahl der möglichen kieferchirurgischen Eingriffe mit teils erheblichem Verletzungsrisiko für den N. alveolaris inferior. Darüber hinaus werden Sensibilitätsstörungen in den

Fachgebieten der Traumatologie und der Tumorchirurgie beschrieben, aber auch als Folge von entzündlichen Prozessen wie der chronischen Osteomyelitis. (Schwenzer und Ehrenfeld 2009). Seltener können Nervenläsionen nach endodontischen Behandlungen oder nach einer Leitungsanästhesie auftreten (Ehrenfeld et al. 1992, Pogrel 2007).

Kausal-pathogenetisch kommen für eine Nervenläsionen Quetschung und Druck (Kompression), Dehnung und Zug (Traktion) sowie scharfe Gewalteinwirkung (Stich-, Hebel- oder Fräsverletzungen) infrage. Schweregrad und Muster einer Läsion werden von Art, Stärke, Richtung und Dauer der mechanischen Deformation beeinflusst (Schwenzer und Ehrenfeld 2011).

1.5.1 Diagnostik iatrogenen Nervenläsionen

Die neurosensible Untersuchung sollte im jeweiligen Ausfallgebiet stets im Seitenvergleich durchgeführt werden. Schwenzer und Ehrenfeld empfehlen für die praxisorientierte Untersuchung folgende Tests:

- die Überprüfung des Berührungs- und Druckempfindens mit dem Wattebausch,
- die Überprüfung der Schmerzempfindung mit einer sterilen Einmalkanüle,
- die Spitz-Stumpf-Unterscheidung mit der zahnärztlichen Sonde,
- die Temperaturprüfung mit erwärmten oder abgekühlten Kugelsonden und
- die Zweipunkt-Diskrimination mittels aufgebogener Büroklammer.

Für Verlaufskontrollen eignet sich dabei vor allem die Zweipunkt-Diskrimination. Die Referenzwerte für die Zweipunkt-Diskrimination im Bereich der Haut liegt supramental bei 2 bis 4 mm (Schwenzer und Ehrenfeld 2011).

1.5.2 Therapie iatrogenen Nervenläsionen

Nervenläsionen bleiben bei dentoalveolär-chirurgischen Eingriffen intraoperativ meist unbemerkt. Entsprechend fehlen häufig Beurteilungskriterien, um Umfang und Qualität der Gewalteinwirkung beurteilen zu können. In der Praxis werden in solchen Fällen häufig Vitamin-B12-Präparate in hohen Dosen verordnet. Die

Wirksamkeit dieser medikamentösen Therapie ist jedoch nicht bewiesen und demnach nicht zu empfehlen (Phillips et al. 2012).

Die chirurgische, mikroneurale Intervention am N. alveolaris inferior und die Einschätzung ihrer Prognose setzt neben einer umfangreichen technischen Ausstattung ein Höchstmaß an Erfahrung und neurochirurgischer Expertise voraus. Dies sollte deshalb entsprechenden Fachkliniken vorbehalten bleiben. Bei Verdacht auf eine entsprechende Läsion empfiehlt sich demnach die sofortige Überweisung in eine spezialisierte Institution (Cornelius et al. 1997).

2. Material und Methoden

2.1 Einschlusskriterien

Um in diese Untersuchung einbezogen zu werden, mussten die beteiligten Patienten folgende Einschlusskriterien erfüllen: Es waren keine präoperativen neurologischen Vorerkrankungen bekannt, die Patienten hatten zum Zeitpunkt des Eingriffs mindestens das 16. Lebensjahr erreicht, es musste vor Operation ein Orthopantomogramm (OPG) und eine digitale Volumentomographie (DVT) vorliegen, die Indikation zur Anfertigung DVT musste nach Analyse des OPGs durch den jeweiligen Operateur gestellt worden sein, mindestens ein unterer dritter Molar musste operativ entfernt worden sein und zwar mit einer standardisierten Operationstechnik.

2.2 Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien waren hingegen ein stark reduzierter Allgemeinzustand, das Vorliegen einer neurologischen Erkrankung sowie die simultane operative Entfernung weiterer Zähne des Unterkiefers oder die Insertion zahnärztlicher Implantate in derselben Sitzung.

2.3 Methode der Untersuchung

Für die vorliegende retrospektive Untersuchung wurde ein Zeitraum von Januar 2006 bis Januar 2015 gewählt. Die Patientengruppe wurde aus dem Patientenstamm einer oralchirurgischen Praxis in Leipzig zusammengestellt. Die digitalen Patientenakte wurden in Bezug auf die operative Entfernung eines oder mehrerer unterer dritter Molaren analysiert.

Standardmäßig wurden im Rahmen der Patientendokumentation Geschlecht, Alter, Eingriffslänge von Schnitt bis Naht, die klinische Exposition des N. alveolaris inferior, postoperative Beschwerden (Schwellung und Schmerzen) und postoperative neurologische Beeinträchtigungen im Innervationsgebiet des

N. alveolaris inferior erfasst. Die Eingriffslänge wurde im Rahmen dieser Untersuchung in drei Gruppen zusammengefasst:

- kurz: weniger als zehn Minuten
- moderat: zehn bis 20 Minuten und
- lang: mehr als 20 Minuten.

Auch postoperative Beschwerden wurde in drei Gruppen kategorisiert:

- normal: Eine Schwellung klingt innerhalb von sieben Tagen vollständig ab und es ist weitgehende Beschwerdefreiheit erreicht,
- leicht verzögert: Innerhalb von sieben bis 21 Tagen klingt die Schwellung vollständig ab und es wird weitgehende Beschwerdefreiheit erreicht.
- deutlich verzögert: Die Beschwerden halten über mehr als 21 Tage an.

Als postoperative Sensibilitätsstörung wurden Parästhesien, Hypästhesien und Anästhesien im Innervationsgebiet des N. alveolaris inferior dokumentiert. Da es sich bei diesen Komplikationen häufig um temporäre Funktionsstörungen handelt, wurde grundsätzlich zwischen temporären und anhaltenden Sensibilitätsstörungen unterschieden. Letztere mussten über einen Zeitraum von mehr als sechs Monaten dokumentiert sein. Klinisch wurden hierzu einen Tag, sieben Tage, 14 Tage und 30 Tage nach dem Eingriff die Spitz-Stumpf-Diskrimination und die Zwei-Punkt-Diskrimination mittels einer zahnärztlichen Sonde und einer College-Pinzette getestet. Dies wurde indes nur bei Patienten gemacht, die eine subjektive postoperative Sensibilitätsstörung unmittelbar nach dem Eingriff beklagten. Die Gruppe der temporären Sensibilitätsstörungen wurden in drei Untergruppen unterteilt:

- kurze temporäre Sensibilitätsstörung: bis zu 14 Tage,
- moderate temporäre Sensibilitätsstörung: 14 bis 30 Tage und
- langanhaltende temporäre Sensibilitätsstörung: mehr als 30 Tage.

Die präoperativen OPGs wurden im angegebenen Zeitraum unter Anwendung eines Orthophos XG® erstellt (Dentsply Sirona, Wals bei Salzburg, Österreich, Spannung: 69 kV, Strom: 15,0 mA, durchschnittliche Expositionszeit: 14 s). Im Rahmen unserer Untersuchung wurden diese OPGs mittels der Klassifikation nach Winter wie auch derjenigen nach Pell und Gregory kategorisiert.

Die präoperativen DVT-Aufnahmen wurden unter Anwendung eines Accuitomo® F 80 angefertigt (J. Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan, Spannung: 90 kV, Strom: 5,0 mA, Expositionszeit 9–18 s, FOV 55–58 %). In allen Rekonstruktionen wurde der Abstand zwischen dem Canalis mandibulae und dem nächsten Punkt des unteren dritten Molars gemessen. Darüber hinaus wurde die Lage des Canalis mandibulae relativ zum unteren dritten Molar beschrieben. Um eine möglichst exakte Lagebeschreibung zu erreichen, wurde zusätzlich zum Lagetyp beschrieben, inwiefern eine kortikalisscharfe Verschattung zwischen Canalis mandibulae und unterem dritten Molar vorhanden war beziehungsweise fehlte. Die folgende Tabelle zeigt die sich hieraus ergebenden Lagetypen:

Tabelle 2: Mögliche Verläufe des Canalis mandibulae im DVT

Typ	Position des C. mandibulae relativ zum dritten Molar	Subtyp	Abstand C. mandibulae zum dritten Molar
I	vestibulär	A	kortikale Begrenzung erkennbar
II	kaudal		
III	lingual	B	keine kortikale Begrenzung erkennbar
IV	interradikulär		

3. Ergebnisse

3.1 Epidemiologie

Im angegebenen Untersuchungszeitraum wurden 636 Aufnahmen der digitalen Volumentomographie (DVT) unterer dritter Molaren bei 406 Patienten angefertigt. Davon erfüllten 324 Patientenfälle die Einschlusskriterien und bildeten die Untersuchungsgruppe. Bei diesen Patienten wurden zwischen dem 14. Februar 2006 und dem 18. Dezember 2014 insgesamt 486 untere dritte Molaren operativ entfernt. Im angegebenen Zeitraum haben sechs Oralchirurgen diesen Eingriff vorgenommen. Vier dieser Chirurgen hatten mehr als 25 Jahre Berufserfahrung. Zwei weitere Chirurgen absolvierten in diesem Zeitraum ihre Weiterbildung.

Die Untersuchungsgruppe setzte sich aus 185 weiblichen und 139 männlichen Patienten zusammen. Am Tag des Eingriffs waren die untersuchten Patienten zwischen 16 und 75 Jahre alt (Diagramm 1). Das Durchschnittsalter betrug 32,1 Jahre.

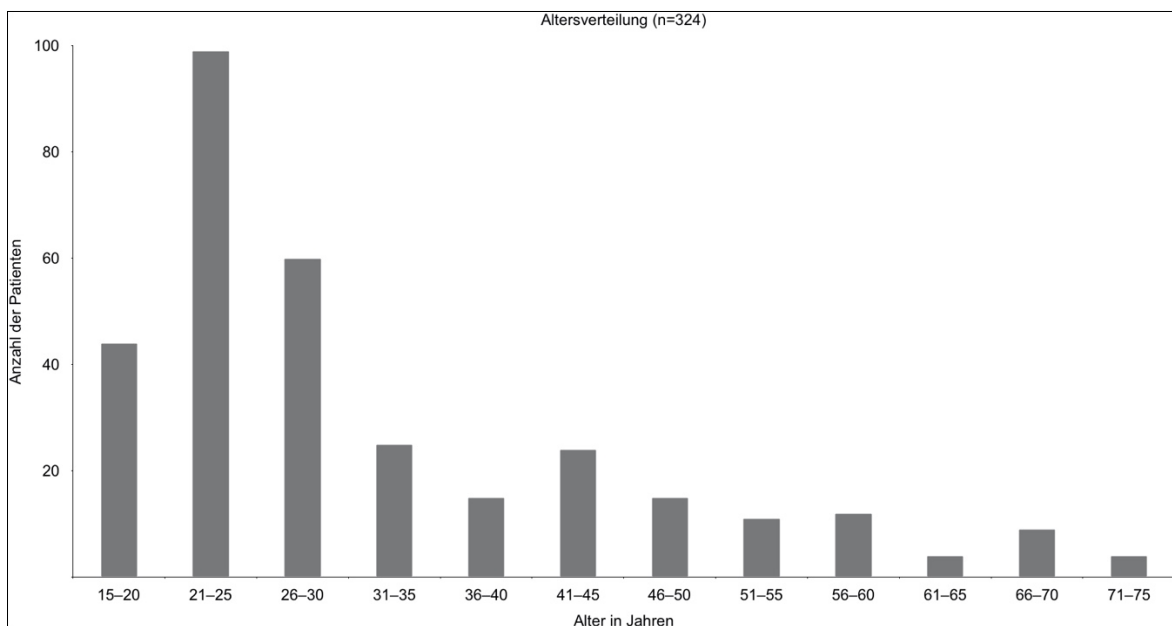


Diagramm 1: Altersverteilung der untersuchten Patienten

3.2 Intraoperative Ergebnisse

Der Großteil der Molaren wurde innerhalb von zehn bis 20 Minuten entfernt (Diagramm 2). In zwölf Fällen wurde die klinische Exposition des Nervus alveolaris inferior dokumentiert (2,5 Prozent).

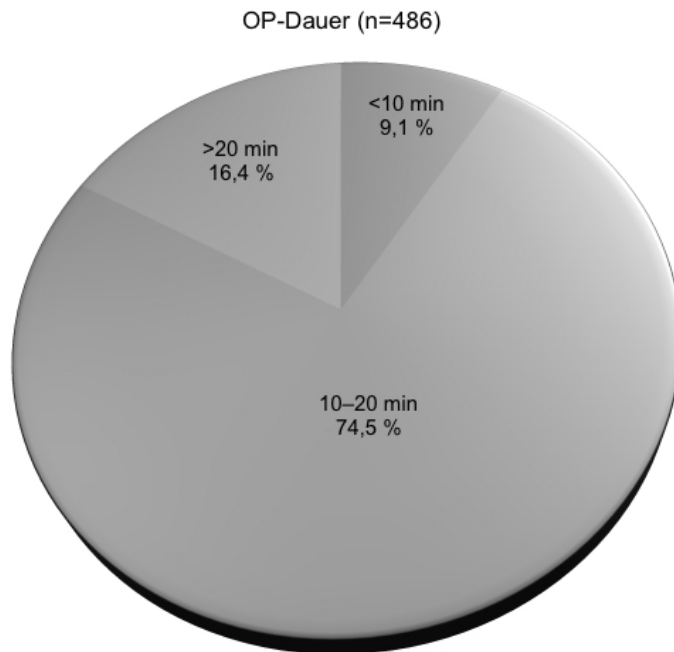


Diagramm 2: OP Dauer

3.3 Postoperative Ergebnisse

Bei 88,6 Prozent der Patienten klangen sowohl die postoperative Schwellung als auch die Wahrnehmung postoperativer Schmerzen innerhalb von sieben Tagen ab. In 8,1 Prozent der Fälle kam es zu einer deutlich verzögerten Wundheilung

Eine permanente postoperative Sensibilitätsstörung im Innervationsgebiet des N. alveolaris inferior trat innerhalb der Untersuchungsgruppe nicht auf. Temporäre Sensibilitätsstörungen wurden in 13 Fällen dokumentiert. Dies entspricht 2,7 Prozent der Untersuchungsgruppe. Bei 84,6 Prozent der Patienten normalisierten sich die neurologischen Funktionen innerhalb von 30 Tagen (Diagramm 3).

Die klinische Exposition des N. alveolaris inferior korrelierte in zwei Fällen mit einer temporären postoperativen Sensibilitätsstörung. Darüber hinaus war die OP-Dauer bei allen Fällen mit postoperativer Sensibilitätsstörung erhöht (mehr als 20 Minuten). Schmerzen und Schwellungen klangen in Fällen mit postoperativer Sensibilitätsstörung in 53,8 Prozent der Fälle nach sieben Tagen ab. Bei 30,8 Prozent kam es zu einer deutlich verzögerten Wundheilung.

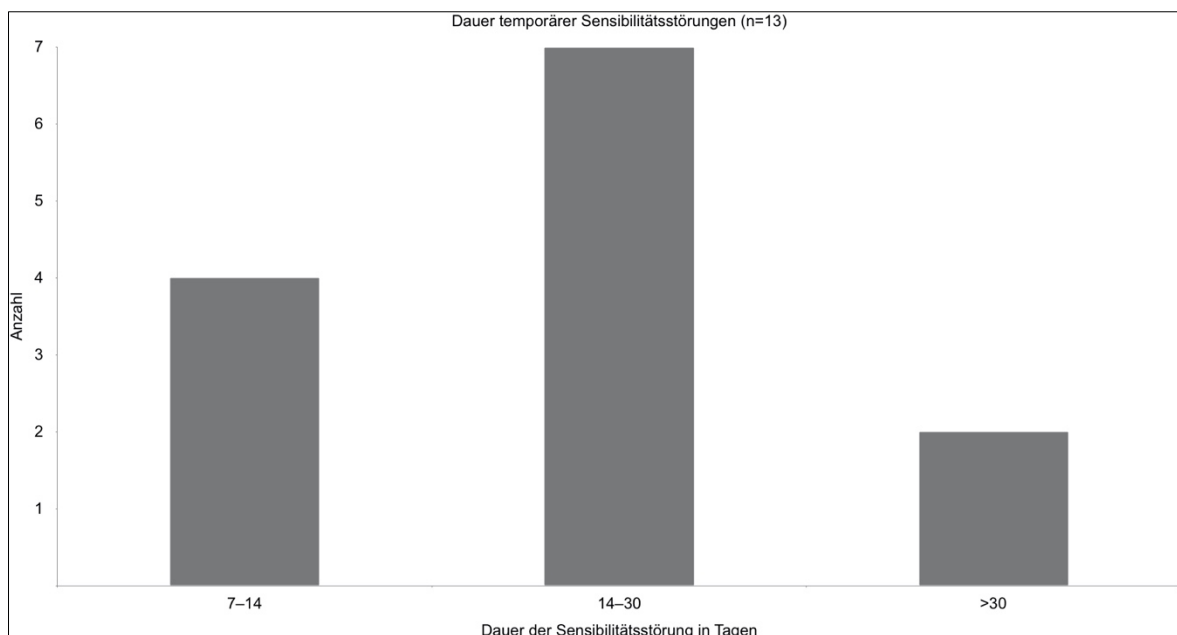


Diagramm 3: Dauer der temporären postoperativen Sensibilitätsstörungen

3.4 Radiologische Ergebnisse

Bei der Analyse der Orthopantomogramme (OPGs) anhand der Klassifikation nach Pell und Gregory lag am häufigsten der Positionstyp IIB vor. In 87 Fällen (17,9 Prozent) betrug demnach das Platzangebot weniger als die mesiodistale Ausdehnung des dritten Molaren und der kranialste Punkt des Zahns lag zwischen der Okklusionsebene und der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molars. Am seltensten kam der Lagetyp IA vor, also ein ausreichendes mesiodistales Platzangebot in Kombination mit Zahnanteilen oberhalb der Okklusionsebene (29 Fälle, 6,0 Prozent). In einem Fall war die Klassifikation nach Pell und Gregory durch eine pathologische Veränderung im Sinne einer ausgedehnten follikulären Zyste nicht anwendbar (Diagramm 4).

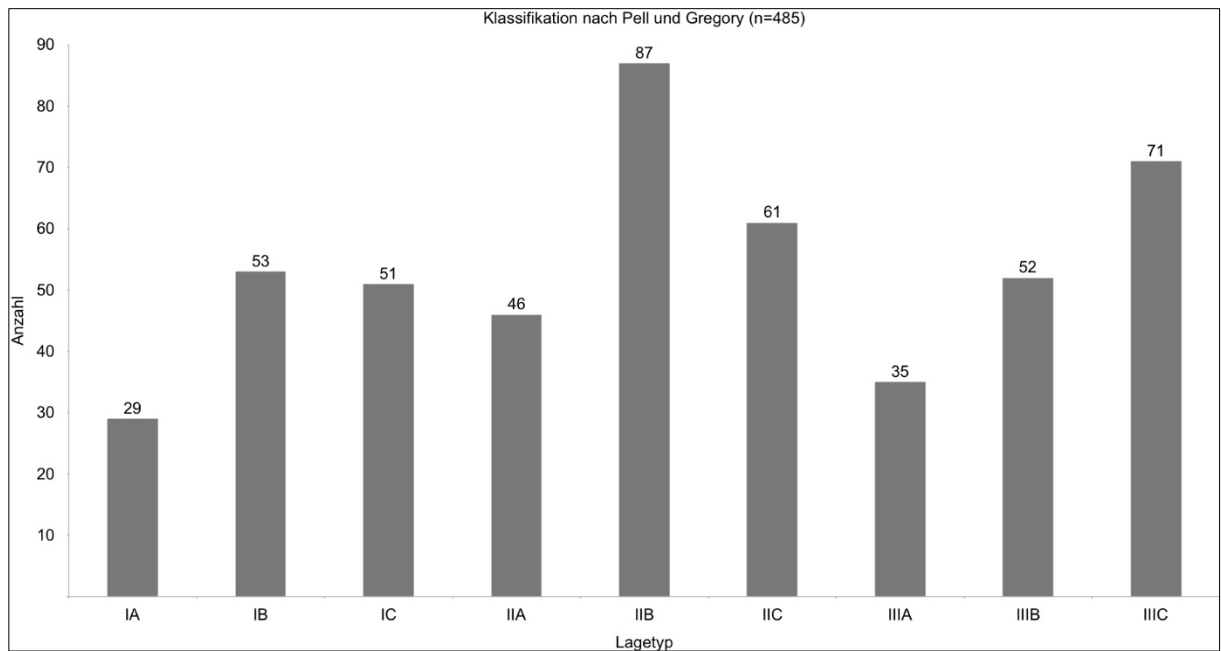


Diagramm 4: Klassifikation nach Pell und Gregory für alle operativ entfernten Molaren

Die Betrachtung der Klassifikation nach Pell und Gregory für alle Fälle, bei denen eine postoperative Sensibilitätsstörung auftrat, zeigt, dass 42 Prozent dieser Fälle einem Typ IIIIC entsprachen (Lage des dritten Molars im Ramus mandibulae unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze des zweiten Molars, Diagramm 5).

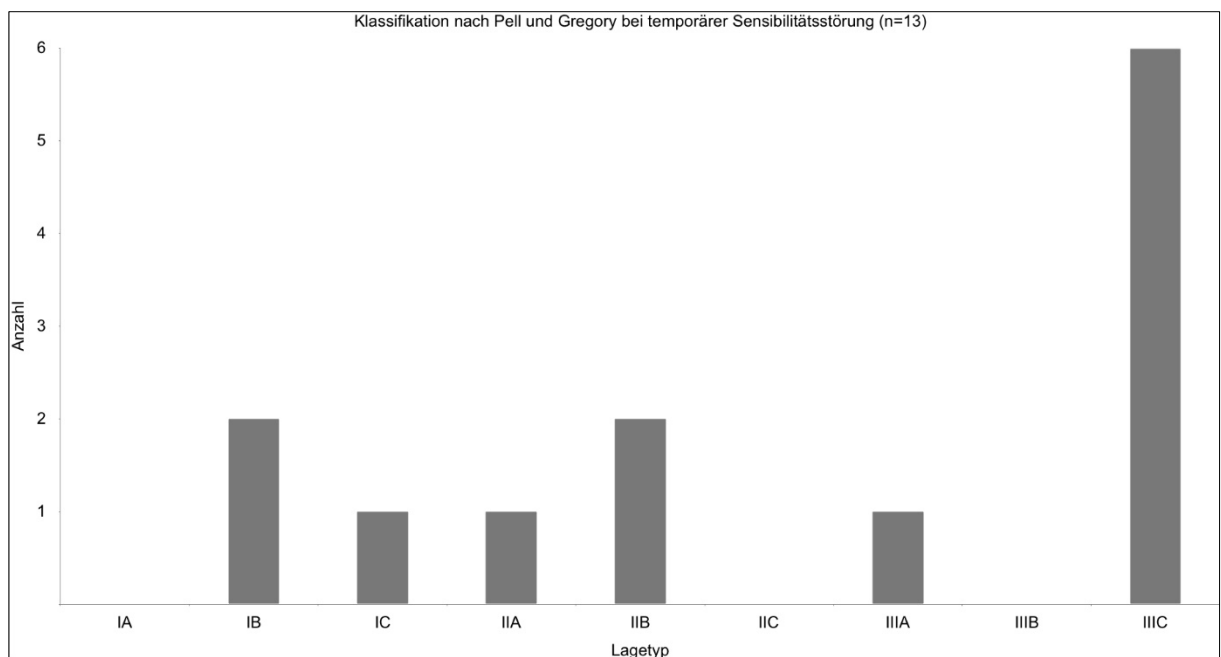


Diagramm 5: Klassifikation nach Pell und Gregory für alle Molaren mit postoperativer Sensibilitätsstörung

Die Untersuchung der OPGs anhand der Klassifikation nach Winter wiederum zeigt, dass 48,1 Prozent der entfernten Molaren mesial anguliert verlagert waren. In 63 Fällen (12,7 Prozent) wurde eine horizontale Verlagerung nach Winter dokumentiert (Diagramm 6).

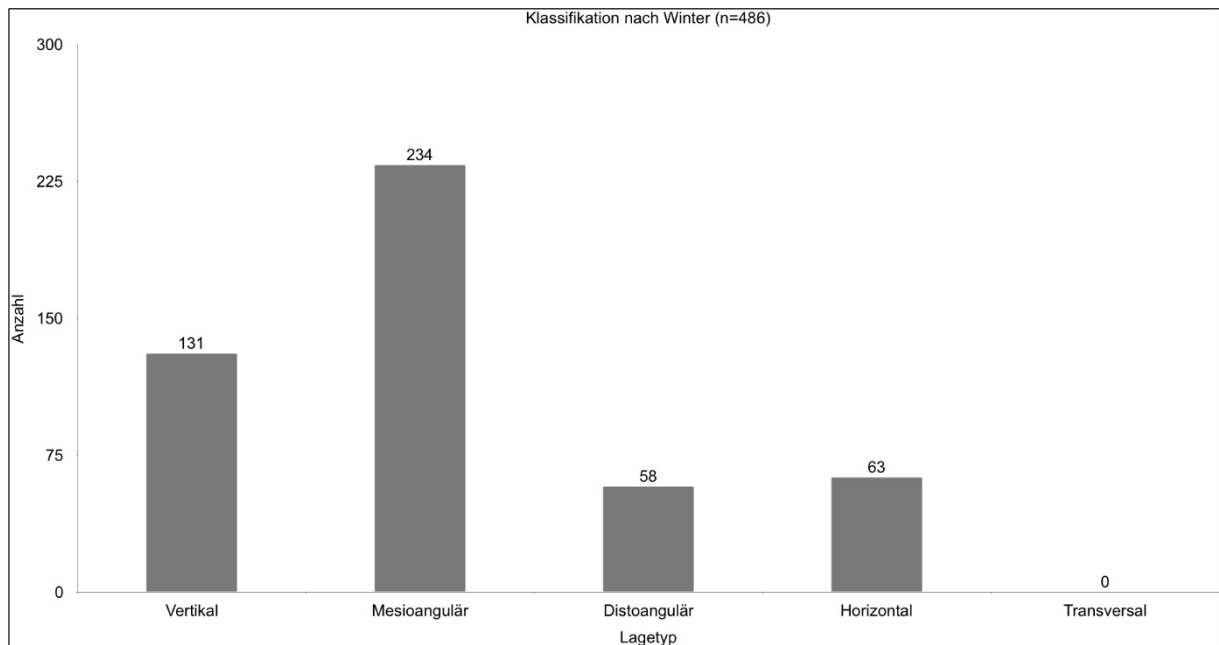


Diagramm 6: Klassifikation nach Winter für alle operativ entfernten Molaren

69,2 Prozent der Fälle mit postoperativer Sensibilitätsstörung entsprechen dem Lagetyp „Mesioangulär“ nach der Winterklassifikation (Diagramm 7).

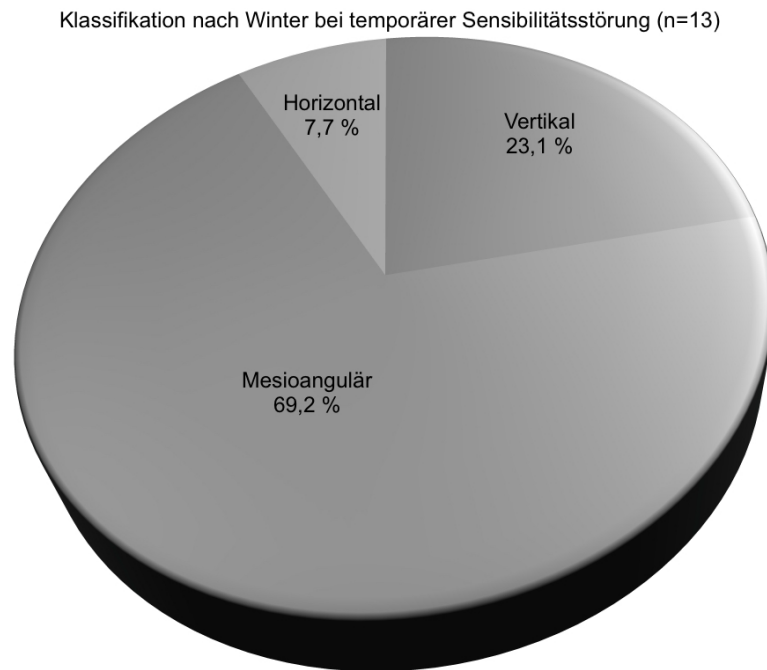


Diagramm 7: Klassifikation nach Winter für alle Molaren mit postoperativer Sensibilitätsstörung

Die Auswertung der DVT-Aufnahmen ergab, dass 80,0 Prozent der vermessenen knöchernen Nervenkanäle ohne kortikale Begrenzung verliefen und den Weisheitszahn touchierten (Diagramm 8). Die gemessene Distanz zwischen Canalis mandibulae und der Zahnwurzel des dritten Molars betrug durchschnittlich 0,3 mm. Die größte gemessene Distanz betrug 3 mm. Der Nervenkanal verlief relativ zum unteren dritten Molar meist lingual touchierend (Typ IIIB 35,4 Prozent) oder vestibulär touchierend (Typ IB, 34,2 Prozent). Ein lingualer Kanalverlauf war in 98,8 Prozent der Fälle nicht kortikal abgegrenzt. In einem Fall war der Kanalverlauf aufgrund eines pathologischen Prozesses im Sinne einer follikulären Zyste nicht ausreichend darstellbar. In allen Fällen mit klinischer Nervenexposition wurde ein touchierender Verlauf dokumentiert. 41,7 Prozent dieser Fälle waren mit einem kaudal touchierenden Verlauf (Typ IIB) assoziiert. 16,7 Prozent dieser Fälle zeigten im DVT einen interradiikulären Kanalverlauf (Typ IV).

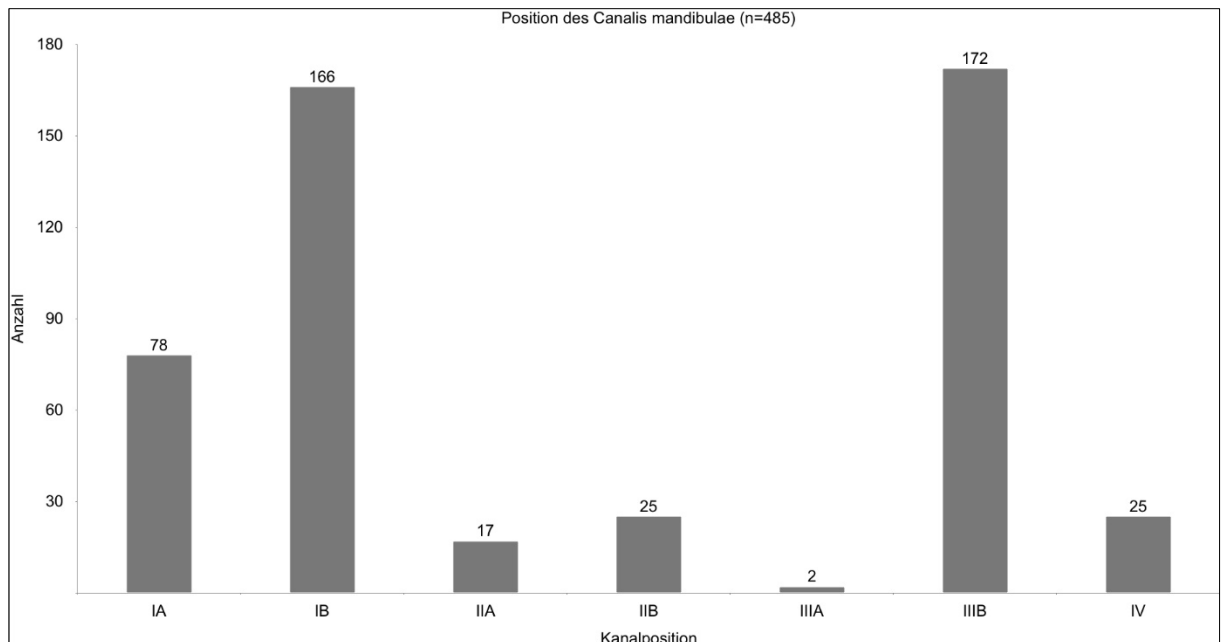


Diagramm 8: Kanalposition im DVT

Neun der 13 Patienten mit postoperativen Sensibilitätsstörungen zeigen im DVT einen kaudal touchierenden Kanalverlauf (69 Prozent). Bei drei Patienten verlief der Nerv vestibulär touchierend (23 Prozent) und nur ein Kanalverlauf war interradiikulär (7 %) (Diagramm 9). In allen Fällen mit postoperativer Sensibilitätsstörung betrug die gemessene Distanz zwischen Canalis mandibulae und Zahnwurzel 0 mm.

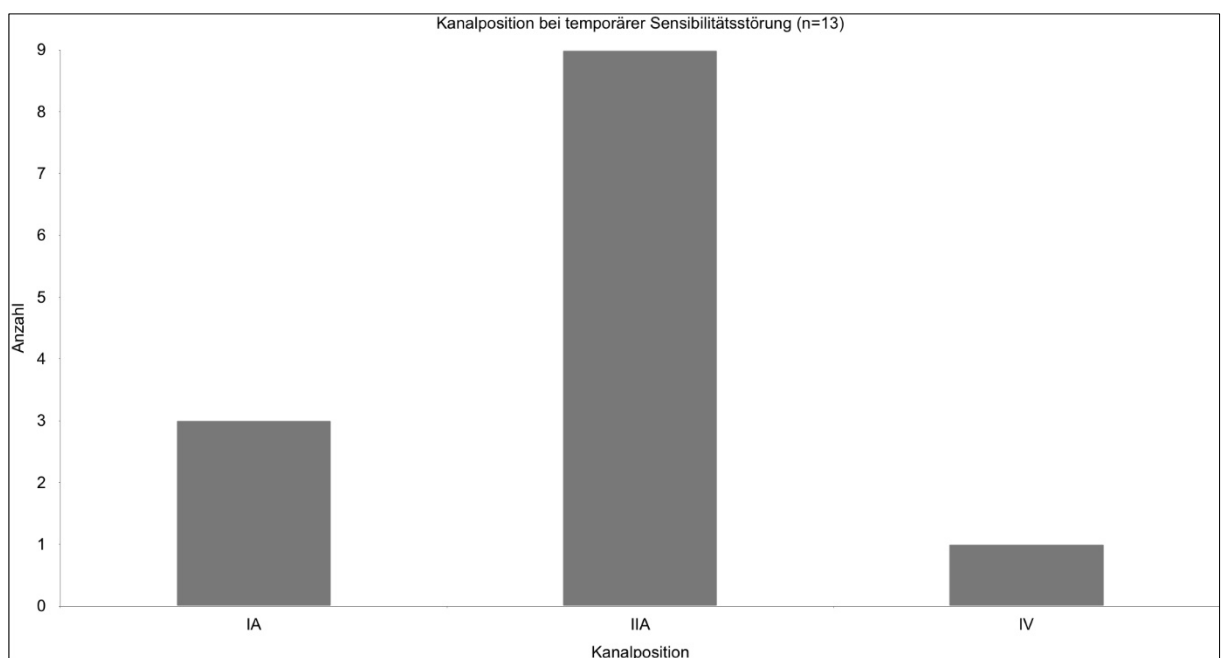


Diagramm 9: Kanalposition im DVT

4. Diskussion

4.1 Epidemiologie

In der Literatur lassen sich keine Hinweise auf eine Häufung postoperativer Sensibilitätsstörungen in Bezug auf die Geschlechterverteilung finden. Zwar fanden Nakagawa et. al 2007 eine signifikante Häufung fehlender kortikaler Mandibularkanalbegrenzungen bei Frauen, was sich allerdings nicht mit einem erhöhten Operationsrisiko in Verbindung bringen ließ (Nakagawa et al. 2007). Auch Chen et. al 2018 und Cheung et al. 2010 fanden keine signifikanten Häufungen bei der Geschlechterverteilung (Chen et al. 2018, Cheung et al. 2010). In der vorliegenden Untersuchung waren acht der 13 Patienten mit postoperativer Sensibilitätsstörung weiblich. Wegen der insgesamt geringen Zahl der Sensibilitätsstörungen kann aus diesem Wert jedoch keine Häufung zugunsten weiblicher Patienten geschlossen werden.

La Monaca et al. 2017 beschreiben ein hohes Patientenalter als einen Risikofaktor für postoperative neurologische Störungen (La Monaca et al. 2017). Kim et al. 2012 stellten in einer retrospektiven Untersuchung ebenfalls fest, dass ein hohes Patientenalter mit dem Auftreten von Sensibilitätsstörungen korreliert: Neben einer tiefen Impaktion wird das Patientenalter in dieser Studie als Hauptursache für eine mögliche Komplikation genannt (Kim et al. 2012). In der vorliegenden Untersuchung waren die 13 Patienten mit Sensibilitätsstörungen durchschnittlich 39,7 Jahre alt.

4.2 OP-Dauer

In dieser Untersuchung korrelierte eine verlängerte OP-Dauer damit, dass eine postoperative Sensibilitätsstörung auftrat. Es liegt nahe, dass während eines lang andauernden Eingriffs insgesamt mehr Teilungs- und Luxationsversuche unternommen werden, die jeweils eine Nervenläsion begünstigen. Darüber hinaus kann eine unter Umständen umfangreichere Osteotomie zu einer größeren Hitzeentwicklung auf umliegende Gewebe und damit ebenfalls zu einer Nervenläsion führen. Klatt et al. stellten 2013 fest, dass eine prä- oder intraoperative digitale Volumentomographie (DVT) zu einer präziseren und schnelleren OP-Technik führen kann (Klatt et al. 2013).

Es ist keine Studie bekannt, die den Einfluss der OP-Dauer auf eine postoperative Sensibilitätsstörung beschreibt. Korkmaz et al. 2017 zeigten jedoch in einer prospektiven Studie im Jahr 2017 anhand von 122 Patienten, dass ein DVT die OP-Dauer gegenüber einem Orthopantomogramm (OPG) deutlich reduzierte. Gleichzeitig traten in dieser Studie in der DVT-Gruppe weniger temporäre Sensibilitätsstörungen auf als in der OPG-Gruppe (Korkmaz et al. 2017). Da es viele verschiedene mögliche Ursachen für eine verlängerte OP-Dauer gibt und in der Regel in einer retrospektiven Untersuchung nicht alle Gründe für eine OP-Verzögerung nachvollziehbar sind, wäre – aus Sicht des Autors – für die weitere Erschließung eines solchen Zusammenhangs eine gezielte prospektive Studie notwendig.

4.3 Postoperative Schmerzen und Schwellung

Patienten mit postoperativer Sensibilitätsstörung klagten wesentlich länger über postoperative Schmerzen und Schwellungen als Patienten ohne Nervenläsion. Die Daten dieser Studie zeigen, dass eine langwierige Wundheilung mit einer länger anhaltenden Sensibilitätsstörung korreliert. Dies erscheint plausibel, da postoperative Hämatome und Infiltrate in der Nähe des eventuell exponierten Nervus alveolaris inferior zu einer persistierenden Sensibilitätsstörung beitragen können. Cho et al. stellten 2017 in einem Review fest, dass prä- und postoperativ verordnete Antibiotika, Corticosteroide und Analgetika den postoperativen Heilungsverlauf stark beeinflussen (Cho et al. 2017). Da in der chirurgischen Praxis die Verordnungsart und die Einnahmenvorgaben solcher Medikamente von Behandler zu Behandler variieren und nicht zuletzt die Mitwirkbereitschaft des Patienten bei der Wundheilung zusammenspielen, sollte für solch eine Frage ein prospektives Studiendesign mit entsprechenden prä- und postoperativen Fragebögen sowie täglichen Nachkontrollen erwogen werden.

4.4 Radiologische Befunde

Die Interpretation radiologischer Aufnahmen unterliegt naturgemäß einer hohen interpersonellen Varianz. Während die Lage des dritten unteren Molars relativ zum aufsteigenden Ast oder zur Okklusionsebene mit guter Reproduzierbarkeit

beschrieben werden kann, ist die Interpretation der radiologischen Phänomene bei enger Lagebeziehung zwischen Mandibularkanal und Zahnwurzel im OPG deutlich anspruchsvoller. In der Vergangenheit wurden in der internationalen Literatur meist bis zu sieben radiologische Phänomene beschrieben, die vermeintlich mit einer engen Lagebeziehung zwischen Canalis mandibulae und unterem dritten Molar korrelieren (Barraclough et al. 2017, Bell 2004, Chen et al. 2018, Kim et al. 2012): eine Aufhellung der Wurzelspitze, die Deflexion einer Wurzelspitze, die Verschmälerung der Wurzelspitze, ein Aufteilen der Wurzelspitze im Sinne einer tiefen Furkation, die Unterbrechung der kranialen kortikalen Begrenzung des Mandibularkanals, eine Änderung des Kanalverlaufs in Wurzelnähe und eine Verschmälerung des Mandibularkanals (Chen et al. 2018).

Obwohl diese radiologischen Zeichen auf eine enge Lagebeziehung des unteren dritten Molars mit dem Canalis mandibulae hinweisen können, deuten mehrere Untersuchungen darauf hin, dass weder der positive, noch der negative Vorhersagewert dieser Zeichen eine verlässliche Risikoanalyse in Bezug auf eine postoperative Sensibilitätsstörung erlauben (Gomes et al. 2008, Uribe 2017, Huang et al. 2015, Su et al. 2017). So stellten Gomes et al. 2008 in einer Untersuchung von 260 operativ entfernten dritten Molaren fest, dass die Spezifität der OPG-Analyse in Bezug auf postoperative Sensibilitätsstörungen lediglich bei 39 Prozent und die Sensitivität bei 66 Prozent liegt (Gomes et al. 2008). Demnach scheint das OPG als Basisdiagnostik vor der operativen Weisheitszahnentfernung zwar auszureichen, bei Anhalt auf eine enge Lagebeziehung zwischen Mandibularkanal und unterem dritten Molar aber kann eine dreidimensionale Bildgebung jedoch anatomische Details zuverlässiger darstellen. In der aktuellen Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) „Operative Weisheitszahnentfernung“ wird diesem Umstand Rechnung getragen. In Ihrer Empfehlung stellt die DGZMK fest, dass eine CT/DVT-Diagnostik indiziert sein kann, wenn „[...] in der nativradiologischen Untersuchung Hinweise auf eine unmittelbare Lagebeziehung zu Risikostrukturen vorhanden sind und gleichzeitig aus Sicht des Behandlers weitere räumliche Informationen entweder für die Risikoaufklärung des Patienten, die Eingriffsplanung oder auch für die intraoperative Orientierung erforderlich sind“ (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 2013).

Es erscheint logisch, dass die Kenntnis über den genauen Verlauf des Canalis mandibulae zu dessen Schonung beiträgt. Jedoch ist die DVT eine für den Patienten strahlenbelastende Untersuchungsmethode, sodass bei der Indikationsstellung stets eine Risiko-Nutzen-Abwägung erfolgen muss.

Reduziert also ein DVT das Risiko einer postoperativen Sensibilitätsstörung? Für eine objektive Antwort auf die Frage ist eine randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie (RCT) erforderlich. Ein solches Studiendesign ist allerdings aus ethischen Gründen nicht konsequent anwendbar. Besonders in Fällen, bei denen sich bereits im 2D-Röntgen ein hohes Komplikationsrisiko zeigt, ist eine Randomisierung und doppelte Verblindung für den Patienten unzumutbar. Dies unterstreichen Matzen und Berkhout 2019 in einer Metaanalyse. Die Autoren stellten fest, dass bei vier der fünf analysierten RCTs ein hohes Befangenheitsrisiko bei der Randomisierung und Verblindung vorlag (Matzen und Berkhout 2019). Guerrero et al. führten zwar eine RCT-Studie im Jahr 2012 durch, allerdings wurden dabei lediglich Patienten mit einem „moderaten Verletzungsrisiko“ inkludiert (Guerrero et al. 2012). Die genauen Kriterien für die Unterscheidung zwischen einem „moderaten“ und einem „hohen“ Verletzungsrisiko wurden dabei nicht beschrieben. Folglich wurde bei dieser Untersuchung zwar die Überlegenheit des DVT in der Detaildarstellung, aber keine Überlegenheit bei der Inzidenz postoperativer Sensibilitätsstörungen festgestellt. Aus Sicht des Autors können sich die Vorteile einer dreidimensionalen Diagnostik aber vor allem bei Hochrisikofällen zeigen.

Matzen et al. veröffentlichten darüber hinaus 2019 eine Studie, in der der positive und der negative Vorhersagewert von OPG und DVT in Bezug auf das Risiko einer postoperativen Sensibilitätsstörung untersucht wurde (Matzen et al. 2019). Insgesamt waren die Vorhersagewerte von OPG und DVT etwa gleich. Der höchste positive Vorhersagewert für eine postoperative Sensibilitätsstörung im DVT lag bei einem interradiikulären Nervenverlauf vor. Matzen kommt zu dem Schluss, dass ein DVT zwar spezifische Fragen in Bezug auf jeweilige anatomische Situation beantworten und dem Operateur damit einen weniger traumatischen Zugang ermöglichen kann, das Risiko einer postoperativen Sensibilitätsstörung werde dadurch aber nicht gemindert.

Guerrero et al. kamen 2014 in einer Multi-Center-Studie zu einem vergleichbaren Ergebnis. Bei der Untersuchung von 256 Patienten stellten die Autoren fest, dass in der DVT-Gruppe zwar weniger postoperative Sensibilitätsstörungen auftraten, jedoch zeigten Regressionsmodelle, dass dies nicht dazu führte, die auftretenden Komplikationen signifikant zu reduzieren (Guerrero et al. 2014). Allerdings wurden auch in dieser Studie lediglich Patienten mit einem moderaten Verletzungsrisiko untersucht. Die Autoren kommen darüber hinaus zu dem Schluss, dass ein DVT die Zahl und die Divergenz der Wurzeln des unteren dritten Molars zuverlässiger darstelle als ein OPG.

Um aussagekräftige Daten über komplexe anatomische Varianten zu erhalten, eignet sich die retrospektive Untersuchung bereits operierter Patienten. Darüber hinaus wurden in der Vergangenheit mehrere Studien durchgeführt, in denen das Risiko einer postoperativen Sensibilitätsstörung ohne vorheriges DVT untersucht wurde. Da sich die Operationstechnik in den letzten Jahrzehnten kaum verändert hat, können dabei auch Studien herangezogen werden, die vor der kommerziellen Verbreitung von DVT-Geräten durchgeführt wurden. Der Vergleich dieser Studien mit den in dieser Arbeit erhobenen Daten ermöglicht es, die DVT zu bewerten.

In der vorliegenden Studie wurden keine permanenten Sensibilitätsstörungen diagnostiziert, in 13 von 486 Fällen trat wohl aber eine temporäre Sensibilitätsstörung auf. Dies entspricht einem Risiko von 2,7 Prozent. Die Inzidenz von postoperativen Sensibilitätsstörungen wird in der internationalen Literatur insgesamt mit einer großen Bandbreite von 0,8 bis 8,4 Prozent beschrieben (Chen et al. 2018, Ali et al. 2017). Jerjes et al. untersuchten 2006 insgesamt 1087 Patientenfälle mit operativ entfernten unteren dritten Molaren (Jerjes et al. 2006). Im Vorfeld der Operation erfolgte bei den untersuchten Patienten lediglich eine zweidimensionale extraorale Bildgebung (OPG). Die Komplexität der Entfernung spielte bei der Untersuchung keine Rolle. Alle anderen Ein- und Ausschlusskriterien sind mit den Kriterien der vorliegenden Untersuchung vergleichbar. Jerjes et al. fanden in 0,7 Prozent der Fälle eine permanente und in 4,1 Prozent eine temporäre Sensibilitätsstörung. Harada veröffentlichte 2015 eine Studie, in der alle untersuchten Patienten zunächst anhand eines OPG befundet wurden. Bei Anhalt auf eine enge Lagebeziehung zwischen Canalis mandibulae und unterem dritten Molar wurde anschließend ein DVT angefertigt. Bei 280 dieser 466 Patienten wurde

anschließend der untere dritte Molar operativ entfernt. Eine postoperative Sensibilitätsstörung trat hier in 5 Prozent der Fälle auf (Harada et al. 2015).

Für eine weiterführende Bewertung der DVT in Bezug auf das Auftreten postoperativer Sensibilitätsstörungen wäre eine deutlich höhere Fallzahl wünschenswert, um auch die seltenen Lagetypen des unteren dritten Molars mit einer höheren Signifikanz beurteilen zu können. Petersen et al. berechneten in ihrer 2016 veröffentlichten Studie eine notwendige Patientenzahl von 608 Patienten für die Untersuchungsgruppe, um eine belastbare Bewertung der DVT vornehmen zu können (Petersen et al. 2016).

Auch wenn diese Studie die Frage nach einer Risikominimierung durch Anwendung der DVT nicht abschließend beantworten kann, ist es möglich, weitere Informationen aus den erhobenen Daten zu extrahieren. Anhand derer lässt sich feststellen, dass bereits bei der Analyse des OPGs mit der Klassifikation nach Pell und Gregory eine vereinfachte Risikoabschätzung möglich ist. 42 Prozent der temporären Sensibilitätsstörungen traten innerhalb der Pell und Gregory Klasse III/C auf. Währenddessen scheint die Klassifikation nach Winter auch für eine rudimentäre Risikobewertung ungeeignet zu sein.

Da sich in der Literatur bisher keine Klassifikation zur Auswertung von DVTs durchgesetzt hat, beschränkte sich der Autor auf die anatomische Lagebeschreibung zwischen Canalis mandibulae und dem dritten Molar durch die Bezeichnungen „vestibulär, kaudal, lingual und interradiikulär“. Zur genaueren Einschätzung des Abstands zwischen Zahn und Mandibularkanal wurde darüber hinaus das Fehlen oder das Vorhandensein einer kortikalen Begrenzung des Mandibularkanals beschrieben. Wegen seiner anatomischen Brisanz wurde der interradiikuläre Kanalverlauf separat beschrieben, obwohl es sich dabei lediglich um eine kaudale Kanalposition handelt. Die so entstandene Klassifikation ermöglicht eine zuverlässige und reproduzierbare Auswertung von DVT-Aufnahmen.

Bei der Analyse der einzelnen Kanalverläufe fällt auf, dass 50,2 Prozent der Mandibularkanäle vestibulär oder vestibulär touchierend verliefen. Dies ist für den Operateur von großem Interesse, da die Osteotomie unterer dritter Molaren überwiegend vestibulär durchgeführt wird. Wenn eine 3D-Aufnahme fehlt, sollte eine vestibuläre Osteotomie in Apexnähe demnach vermieden werden, um den N. alveolaris inferior zu schonen.

In der bereits erwähnten Leitlinie „Operative Weisheitszahnentfernung“ der DGZMK weisen die Autoren darauf hin, dass ein linguale Kanalverlauf ein Risiko für mögliche Komplikationen darstellt. Eyrich kam zu einem vergleichbaren Ergebnis (Eyrich et al. 2011). Die genaue Zusammenstellung der Kohorte von Eyrich et al. wird jedoch in der Veröffentlichung nicht weiter spezifiziert. Da in dieser Untersuchung auch nach einem abgeschlossenen Wurzelwachstum unterschieden wurde, könnte es sich insgesamt um eine weitaus jüngere Patientengruppe handeln. Es ist denkbar, dass ein linguale Kanalverlauf im Fall einer Germektomie einen größeren Risikofaktor darstellt, als in dem einer Osteotomie mit abgeschlossenem Wurzelwachstum. Obwohl der lingual verlaufende Mandibularkanal in der aktuellen Untersuchung mit 35,8 Prozent die zweithäufigste anatomische Variante darstellte, kam es bei keinem dieser Fälle zu einer postoperativen Sensibilitätsstörung.

In der erwähnten Untersuchung von Harada traten die meisten Sensibilitätsstörungen im Zusammenhang mit einem interradiären Kanalverlauf auf (Harada et al. 2015).

Eine signifikante Häufung temporärer Sensibilitätsstörungen trat in der vorliegenden Untersuchung jedoch bei einem kaudalen Kanalverlauf auf. Zählt man den interradiären Kanalverlauf zu einem Subtyp des kaudalen Verlaufs, so waren 76,9 Prozent der Kanalverläufe mit temporärer Sensibilitätsstörung kaudal. Aus Sicht des Autors ist die geringe Komplikationsquote des interradiären Kanals – es trat nur eine Sensibilitätsstörung bei diesem Lagetyp auf – vor allem darauf zurückzuführen, dass der Operateur bei bestätigter Diagnose eines interradiären Kanalverlaufs möglicherweise frühzeitig mit der Teilung des Zahns beginnt und so dazu beiträgt, den Nerv zu schonen. Bei einem kaudalen Nervenverlauf ist es denkbar, dass der Operateur durch eben das Teilen des Zahns senkrecht zur Zahnachse eine höheren Komplikationsquote begünstigt. Andererseits kann in diesem Fall auch die Luxation des Zahns zu einer Quetschung des Nervens und somit zu einer Sensibilitätsstörung führen.

In der Literatur wurde die Exposition des Nerven mit dem Auftreten postoperativer Sensibilitätsstörungen in Verbindung gebracht. Leung und Cheung stellten 2011 in einer Literaturrecherche fest, dass das Risiko einer postoperativen Sensibilitätsstörung bei klinischer Nervenexposition um das 15-Fache erhöht sei

(Leung und Cheung 2011a). Neben der Position des Canalis mandibulae wurde in dieser Arbeit auch die klinische Exposition des N. alveolaris inferior untersucht. In der vorliegenden Arbeit wurde keine entsprechende Korrelation gefunden. Bei lediglich zwei der zwölf exponierten Nerven wurden postoperative Sensibilitätsstörungen dokumentiert.

4.5 Strahlenbelastung

Matzen et al. haben 2016 in einer retrospektiven Studie gezeigt, dass die am meisten verbreitete radiologische Diagnostik vor der operativen Weisheitszahnentfernung die intraorale Röntgenaufnahme ist (Matzen et al. 2016). Diese Untersuchung hat aber ebenfalls gezeigt, dass 36,3 Prozent der untersuchten Zahnfilme nicht die notwendigen Bildinformationen enthielten und damit als diagnostisches Hilfsmittel insuffizient waren.

Seit der Einführung der OPG nimmt die Zahnfilmtechnik zur präoperativen Diagnostik entsprechend einen immer kleiner werdenden Stellenwert ein. Die internationale Literatur empfiehlt zur präoperativen Basisdiagnostik bereits seit Jahrzehnten die Anfertigung eines OPGs (Rood und Nooraldeen Shehab 1990, Bell 2004, Sedaghatfar et al. 2005).

Die genannten Nachteile der intraoralen Zahnfilmtechnik machen diese als präoperative diagnostische Maßnahme im Rahmen der operativen Weisheitszahnentfernung bei Verfügbarkeit einer OPG somit obsolet. Vielmehr ist die OPG nach aktuellem Wissensstand das gebotene diagnostische Mittel der Wahl zur präoperativen Basisdiagnostik.

In einer in-vitro Studie untersuchten Ludlow und Ivanovic 2008 die effektive Strahlendosis eines DVTs mit verschiedenen Field-of-View-Einstellungen (FOV) und verglichen die Werte mit Multidetektor Computertomographen (MDCT) (Ludlow und Ivanovic 2008). Bei korrekter Einstellung ist es möglich, beide Weisheitszahnregionen des Unterkiefers mit einem mittelgroßen FOV (10 bis 15 cm Zylinderdurchmesser) zu erfassen. Für diese Volumengröße wurde für acht verschiedene DVT-Geräte eine effektive Strahlendosis zwischen 69 und 560 μSv gemessen. Für eine vergleichbare Volumengröße wird für das MDCT eine effektive

Strahlendosis von 860 μSv angegeben. Die Autoren schließen, dass die DVT im Vergleich zur MDCT die strahlenärmere Bildgebungstechnik ist.

Tack et al. 2003 hingegen geben für das MDCT wesentlich geringere Strahlendosen von 47 bis 51 μSv an (Tack et al. 2003).

Al-Okshi et al. beklagen in einem 2015 veröffentlichten Review hingegen, dass die technischen Spezifikationen der untersuchten DVT-Geräte unzureichend dokumentiert seien (Al-Okshi et al. 2015). Darüber hinaus fehle in den meisten Studien eine Relation zwischen effektiver Strahlendosis und Bildqualität.

Flygare et al. 2008 sehen zwar Vorteile für das MDCT in Bezug auf die Strahlendosis. Sie weisen aber darauf hin, dass die höhere räumliche Auflösung der DVT im Submillimeterbereich zu einer deutlichen Überlegenheit bei der Diagnostik dentoalveolärer Strukturen führt (Flygare et al. 2008).

Clé-Ovejero et al. untersuchten 2017 in einer Metaanalyse den Einfluss des CTs auf das Auftreten postoperativer Sensibilitätsstörungen. Laut dieser Autoren beeinflusst ein präoperatives CT das Risiko einer postoperativen Sensibilitätsstörung nicht (Clé-Ovejero et al 2017).

Die Studienlage deutet darauf hin, dass es Nachholbedarf bei der Erforschung der effektiven Strahlendosis moderner DVT-Geräte gibt. Die große Diskrepanz der angegebenen Strahlendosen lässt zum jetzigen Zeitpunkt keinen abschließenden Vergleich der beiden Verfahren MDCT und DVT zu. Zukünftige Studien sollten sich mit dem Vergleich der jeweiligen Strahlendosen im Verhältnis zur Auflösung und der Volumengröße beschäftigen. Angesichts der schnellen Verbreitung kombinierter DVT- und Panoramaschichtgeräte ist zu erwarten, dass sich die DVT gegenüber der MDCT in der ambulanten dentoalveolären Diagnostik durchsetzen wird.

4.6 Klinische Schlussfolgerung

Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen, dass die OPG zur Basisdiagnostik als präoperative Maßnahme bei der geplanten Entfernung unterer dritter Molaren nach wie vor der Goldstandard ist. Bei Anhalt auf eine enge Lagebeziehung zwischen Mandibularkanal und Weisheitszahn kann ein DVT zwar detailliertere

Informationen über die anatomische Situation liefern. Das DVT führt jedoch nicht zu einer Reduktion postoperativer Sensibilitätsstörungen. Dennoch hilft das DVT in diesen anatomisch komplizierten Fällen, den Patienten besser aufzuklären, und auch dabei, den Eingriff schneller und weniger traumatisch zu gestalten.

Die Inzidenz temporärer postoperativer Sensibilitätsstörungen war in dieser Untersuchung, trotz der Komplexität der Fälle, im Vergleich mit ähnlichen Studien unterdurchschnittlich. Das präoperative DVT könnte daher in unserer Untersuchung, wie auch in vorangegangenen anderen Studien beschrieben, zu einer verkürzten Dauer temporärer Sensibilitätsstörungen beigetragen haben.

Das größte OP-Risiko in Bezug auf eine temporäre postoperative Sensibilitätsstörung liegt bei einem kaudalen Verlauf des Canalis mandibulae ohne kortikale Kanalbegrenzung vor. Die intraoperative Exposition des N. alveolaris inferior korreliert in unserer Untersuchung nicht mit dem Auftreten einer postoperativen Sensibilitätsstörung.

Nach aktueller Studienlage kann das DVT im Kopf/Halsbereich wegen seiner höheren räumlichen Auflösung im Submillimeterbereich der CT-Diagnostik vorgezogen werden. Bei Betrachtung der internationalen Literatur zeigt sich jedoch ein großer zukünftiger Forschungsbedarf, besonders bezüglich der Strahlenbelastung moderner DVT- und CT-Geräte im Vergleich zueinander.

5. Zusammenfassung

Die operative Weisheitszahnentfernung ist einer der häufigsten dentoalveolär-chirurgischen Eingriffe. Neben der vollständigen Entfernung des betroffenen Zahns ist die Schonung wichtiger anatomischer Strukturen während des Eingriffs oberstes Ziel.

Ziel dieser Untersuchung war herauszufinden, ob die digitale Volumentomographie (DVT) einen positiven Einfluss darauf hat, die Rate von Sensibilitätsstörungen nach operativer Entfernung unterer dritter Molaren zu senken.

Während die Orthopantomographie (OPG) als präoperative Übersichtsaufnahme für die Basisdiagnostik der Goldstandard ist, kann aus einer im OPG dargestellten engen Lagebeziehung zwischen Canalis mandibulae und Weisheitszahn keine genaue Vorhersage über das Risiko einer iatrogenen Schädigung des Nervus alveolaris inferior getroffen werden. Die digitale Volumentomographie (DVT) kann zwar detailliertere räumliche Informationen dieser Lagebeziehung darstellen, was allerdings nicht zu einer Verringerung anhaltender postoperativer Sensibilitätsstörungen führt. Die zusätzliche räumliche Darstellung ermöglicht dem Operateur jedoch einen weniger traumatischen operativen Zugang. Die dadurch verkürzte OP-Dauer und die geringere Invasivität des Eingriffs können hingegen postoperative Beschwerden mindern und damit zu einer Reduktion temporärer Sensibilitätsstörungen beitragen.

In dieser Untersuchung war die häufigste anatomische Variante der vestibulär verlaufende Canalis mandibulae. Der kaudal verlaufende Canalis mandibulae stellte bei Fehlen einer kortikalen Kanalbegrenzung im DVT jedoch den größten Risikofaktor für eine temporäre postoperative Sensibilitätsstörung dar.

Bei fehlender Verfügbarkeit einer dreidimensionalen radiologischen Diagnostik und gleichzeitigem Anhalt auf eine enge Lagebeziehung zwischen Weisheitszahn und Nervus alveolaris inferior im OPG, muss bei Vorliegen eines Klassifikationstyps IIIC nach Pell und Gregory von einem erhöhten OP-Risiko ausgegangen werden. Darüber hinaus zeigte diese Untersuchung, dass eine intraoperative Exposition des N. alveolaris inferior nicht zwingend mit einer postoperativen Sensibilitätsstörung korreliert.

The surgical removal of the mandibular third molar is one of the most common dentomaxillofacial surgeries worldwide. The main goal of this procedure is the complete removal of the tooth while protecting adjacent structures.

The goal of this study was to determine the value of a preoperative Cone-beam computed tomography (CBCT) for the removal of mandibular third molars.

While the orthopantomograph (OPT) can be declared gold standard for basic preoperative diagnostics, it is not possible to fulfill a complete and precise risk assessment for postoperative neurological disturbances of the inferior alveolar nerve using only the OPT.

The CBCT may offer detailed information about the three-dimensional position of the mandibular canal and the lower third molar, though it is not able to prevent or reduce the occurrence of permanent neurological disturbances. Yet, the additional information benefits the surgeon, allowing him or her to remove the tooth in a faster and less traumatic approach. This may lead to a reduction in temporary neurological disturbances, caused by swelling and hematoma.

In this study, the most common nerve position was vestibular in relation to the lower third molar. The highest risk of temporary neurological disturbance was found in a caudal nerve position.

If three-dimensional diagnostics are not available prior to the surgical removal of a lower third molar, Pell and Gregory Classification Type IIIC may carry the highest risk of a temporary neurological disturbance. Furthermore, our study suggests, that the intraoperative exposition of the inferior alveolar nerve may not necessarily lead to a postoperative neurological disturbance.

6. Abkürzungen

ALARA	As-Low-As-Reasonably-Achievable
CT	Computertomographie
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DVT	Digitale Volumentomographie
FOV	Field of View
MDCT	Multidetektor-Computertomographie
OPG	Orthopantomogramm
RCT	Randomized Controlled Study

7. Literatur

- Ali AS, Benton JA, Yates JM. Risk of inferior alveolar nerve injury with coronectomy versus surgical extraction of mandibular third molars - A comparison of two techniques and review of the literature. *J Oral Rehabil* 2017. doi:10.1111/joor.12589/full.
- Al-Okshi A, Lindh C, Sale H, Gunnarsson M, Rohlin M. Effective dose of cone beam CT (CBCT) of the facial skeleton: a systematic review. *Br J Radiol*. 2015;88(1045):20140658. doi:10.1259/bjr.20140658.
- Angelopoulos C, Scarfe WC, Farman AG. A comparison of maxillofacial CBCT and medical CT. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2012;20(1):1–17. doi:10.1016/j.cxom.2011.12.008.
- Barraclough J, Power A, Pattni A. Treatment Planning for Mandibular Third Molars. *Dent Update*. 2017;44(3):221–8. doi:10.12968/denu.2017.44.3.221.
- Bell GW. Use of dental panoramic tomographs to predict the relation between mandibular third molar teeth and the inferior alveolar nerve. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2004;42(1):21–7. doi:10.1016/S0266-4356(03)00186-4.
- Castro MAA de, Barra SG, Vich MOL, Abreu MHG, Mesquita RA. Mandibular canal branching assessed with cone beam computed tomography. *Radiol Med*. 2018;123(8):601–8. doi:10.1007/s11547-018-0886-3.
- Chauhan V, Wilkins RC. A comprehensive review of the literature on the biological effects from dental X-ray exposures. *Int J Radiat Biol*. 2019;95(2):107–19. doi:10.1080/09553002.2019.1547436.
- Chen Y, Liu J, Pei J, Liu Y, Pan J. The Risk Factors that Can Increase Possibility of Mandibular Canal Wall Damage in Adult: A Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) Study in a Chinese Population. *Med Sci Monit*. 2018;24:26–36.
- Cheung LK, Leung YY, Chow LK, Wong MCM, Chan EKK, Fok YH. Incidence of neurosensory deficits and recovery after lower third molar surgery: A prospective clinical study of 4338 cases. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2010;39(4):320–6. doi:10.1016/j.ijom.2009.11.010.
- Cho H, Lynham AJ, Hsu E. Postoperative interventions to reduce inflammatory complications after third molar surgery: Review of the current evidence. *Aust Dent J*. 2017;62(4):412–9. doi:10.1111/adj.12526.

- Clé-Ovejero A, Sánchez-Torres A, Camps-Font O, Gay-Escoda C, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Does 3-dimensional imaging of the third molar reduce the risk of experiencing inferior alveolar nerve injury owing to extraction? A meta-analysis. *J Am Dent Assoc* 2017; 148: 575-83.
- Cornelius CP, Roser M, Ehrenfeld M. Mikroneurale Wiederherstellung nach iatrogenen Läsionen des N. lingualis und des N. alveolaris inferior. Kritische Bestandsaufnahme. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 1997;1(4):213–23. doi:10.1007/BF03043553.
- Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde. S2k-Leitlinie: Operative Entfernung von Weisheitszähnen. 2013.
- Ehrenfeld M, Cornelius CP, Altenmuller E, Riediger D, Sahl W. Nerve injuries following nerve blocking in the pterygomandibular space. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1992;47(1):36–9.
- Eyrich G, Seifert B, Matthews F, Matthiessen U, Heusser CK, Kruse AL, et al. 3-Dimensional imaging for lower third molars: Is there an implication for surgical removal? *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(7):1867–72. doi:10.1016/j.joms.2010.10.039.
- Flygare L, Ohman A. Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal. *Clin Oral Investig.* 2008;12(4):291–302. doi:10.1007/s00784-008-0200-1.
- Friedland B, Donoff B, Dodson TB. The use of 3-dimensional reconstructions to evaluate the anatomic relationship of the mandibular canal and impacted mandibular third molars. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(8):1678–85. doi:10.1016/j.joms.2007.08.032.
- Ghaeminia H, Gerlach NL, Hoppenreijts TJM, Kicken M, Dings JP, Borstlap WA, et al. Clinical relevance of cone beam computed tomography in mandibular third molar removal: A multicentre, randomised, controlled trial. *J Craniomaxillofac Surg.* 2015;43(10):2158–67. doi:10.1016/j.jcms.2015.10.009.
- Gomes ACA, Vasconcelos BCdE, Silva EDdO, Caldas AdF, Pita Neto IC. Sensitivity and specificity of pantomography to predict inferior alveolar nerve damage during extraction of impacted lower third molars. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66(2):256–9. doi:10.1016/j.joms.2007.08.020.
- Guerrero ME, Botetano R, Beltran J, Horner K, Jacobs R. Can preoperative imaging help to predict postoperative outcome after wisdoms tooth removal? A randomized controlled trial using panoramic radiography versus cone-beam CT. *Clin Oral Investig* 2014; 18: 335-42.

- Guerrero ME, Nackaerts O, Beinsberger J, Horner K, Schoenaers J, Jacobs R. Inferior alveolar nerve sensory disturbance after impacted mandibular third molar evaluation using cone beam computed tomography and panoramic radiography: A pilot study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(10):2264–70. doi:10.1016/j.joms.2012.04.015.
- Harada N, Subash BV, Matsuda Y, Seki K, Kapila R, Ishikawa N, Okano T, Sano T. Characteristic findings on panoramic radiography and cone-beam CT to predict paresthesia after extraction of impacted third molar. *Bull Tokyo Den Coll* 2015; 56: 1-8
- Hasegawa T, Ri S, Shigeta T, Akashi M, Imai Y, Kakei Y, et al. Risk factors associated with inferior alveolar nerve injury after extraction of the mandibular third molar--a comparative study of preoperative images by panoramic radiography and computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42(7):843–51. doi:10.1016/j.ijom.2013.01.023.
- Huang C-K, Lui M-T, Cheng D-H. Use of panoramic radiography to predict postsurgical sensory impairment following extraction of impacted mandibular third molars. *J Chin Med Assoc.* 2015;78(10):617–22.
- Jerjes W, Swinson B, Moles DR, El-Maaytah M, Banu B, Upile T, et al. Permanent sensory nerve impairment following third molar surgery: A prospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102(4):e1-7. doi:10.1016/j.tripleo.2006.01.016.
- Khorshidi H, Raoofi S, Ghapanchi J, Shahidi S, Paknahad M. Cone Beam Computed Tomographic Analysis of the Course and Position of Mandibular Canal. *J Maxillofac Oral Surg.* 2017;16(3):306–11. doi:10.1007/s12663-016-0956-9.
- Kieser J, Kieser D, Hauman T. The Course and Distribution of the Inferior Alveolar Nerve in the Edentulous Mandible. *Journal of Craniofacial Surgery.* 2005;16(1):6–9. doi:10.1097/00001665-200501000-00003.
- Kim J-W, Cha I-H, Kim S-J, Kim M-R. Which risk factors are associated with neurosensory deficits of inferior alveolar nerve after mandibular third molar extraction? *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(11):2508–14. doi:10.1016/j.joms.2012.06.004.
- Klatt J, Heiland M, Blessmann M, Blake F, Schmelzle R, Pohlenz P. Clinical indication for intraoperative 3D imaging during open reduction of fractures of the neck and head of the mandibular condyle. *J Craniomaxillofac Surg.* 2011;39(4):244–8. doi:10.1016/j.jcms.2010.06.009.

- Klatt J-C, Heiland M, Marx S, Hanken H, Schmelzle R, Pohlenz P. Clinical indication for intraoperative 3D imaging during open reduction of fractures of the mandibular angle. *J Craniomaxillofac Surg.* 2013;41(5):e87-90. doi:10.1016/j.jcms.2012.11.024.
- Korkmaz YT, Kayipmaz S, Senel FC, Atasoy KT, Gumrukcu Z. Does additional cone beam computed tomography decrease the risk of inferior alveolar nerve injury in high-risk cases undergoing third molar surgery? Does CBCT decrease the risk of IAN injury? *Int J Oral Maxillofac Surg* 2017; 46: 628-35.
- La Monaca G, Voza I, Giardino R, Annibali S, Pranno N, Cristalli MP. Prevention of neurological injuries during mandibular third molar surgery: technical notes. *Ann Stomatol (Roma).* 2017;8(2):45–52. doi:10.11138/ads/2017.8.2.053.
- Leung YY, Cheung LK. Risk factors of neurosensory deficits in lower third molar surgery: an literature review of prospective studies. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2011a;40(1):1–10.
- Leung YY, Cheung LK. Correlation of radiographic signs, inferior dental nerve exposure, and deficit in third molar surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011b;69(7):1873–9. doi:10.1016/j.joms.2010.11.017.
- Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(1):106–14. doi:10.1016/j.tripleo.2008.03.018.
- Matzen LH, Petersen LB, Wenzel A. Radiographic methods used before removal of mandibular third molars among randomly selected general dental clinics. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(4):20150226. doi:10.1259/dmfr.20150226.
- Matzen LH, Berkhout E. Cone beam CT imaging of the mandibular third molar: A position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology (EADMFR). *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48(5):20190039. doi:10.1259/dmfr.20190039.
- Matzen LH, Petersen LB, Schropp L, Wenzel A. Mandibular canal-related parameters interpreted in panoramic images and CBCT of mandibular third molars as risk factors to predict sensory disturbances of the inferior alveolar nerve. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2019 (Epub ahead of print).
- Nakagawa Y, Ishii H, Nomura Y, Watanabe NY, Hoshiba D, Kobayashi K, Ishibashi K. Third molar position: Reliability of panoramic radiography. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(7):1303–8. doi:10.1016/j.joms.2006.10.028.

- Ohman A, Kull L, Andersson J, Flygare L. Radiation doses in examination of lower third molars with computed tomography and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008;37(8):445–52. doi:10.1259/dmfr/86360042.
- Pasler F, Visser H. *Taschenatlas der Zahnärztlichen Radiologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2003.
- Pasler F. *Zahnärztliche Radiologie*. 5th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2008.
- Pell GJ GGT. Impacted mandibular third molars: Classification and modified technique for removal. *The dental digest*. 1933;39(9):330–8.
- Petersen LB, Vaeth M, Wenzel A. Neurosensoric disturbances after surgical removal of the mandibular third molar based on either panoramic imaging or cone beam CT scanning: A randomized controlled trial (RCT). *Dentomaxillofac Radiol* 2016; 45: 20150224.
- Phillips C, Essick GK, Chung Y, Blakey G. Non-invasive therapy for altered facial sensation following orthognathic surgery: An exploratory randomized clinical trial of intranasal vitamin B12 spray. *J Maxillofac Trauma*. 2012;1(1):20–9.
- Pogrel MA. Damage to the inferior alveolar nerve as the result of root canal therapy. *J Am Dent Assoc*. 2007;138(1):65–9. doi:10.14219/jada.archive.2007.0022.
- R. Gutwald, N.-C. Gellrich, R. Schmelzeisen. *Einführung in die zahnärztliche Chirurgie und Implantologie*. 2nd ed. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH; 2010.
- Rood JP, Nooraldeen Shehab BAA. The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1990;28(1):20–5. doi:10.1016/0266-4356(90)90005-6.
- Schultze-Mosgau S, Reich RH. Assessment of inferior alveolar and lingual nerve disturbances after dentoalveolar surgery, and of recovery of sensitivity. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1993;22(4):214–7.
- Schumacher G. *Anatomie für Zahnmediziner: Lehrbuch und Atlas*. 3rd ed. Heidelberg: Hüthig GmbH; 1997.
- Schwenzer N, Ehrenfeld M. *Zahnärztliche Chirurgie*. 4th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2009. muss unter S wie Schwenzer Norbert

- Schwenzer N, Ehrenfeld M. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie. 4th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2011.
- Sedaghatfar M, August MA, Dodson TB. Panoramic radiographic findings as predictors of inferior alveolar nerve exposure following third molar extraction. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2005;63(1):3–7. doi:10.1016/j.joms.2004.05.217.
- Steed MB. The indications for third-molar extractions. *J Am Dent Assoc*. 2014;145(6):570–3.
- Su N, van Wijk A, Berkhout E, Sanderink G, Lange J de, Wang H, van der Heijden GJMG. Predictive Value of Panoramic Radiography for Injury of Inferior Alveolar Nerve After Mandibular Third Molar Surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2017;75(4):663–79. doi:10.1016/j.joms.2016.12.013.
- Tack D, Widelec J, Maertelaer V de, Bailly J-M, Delcour C, Gevenois PA. Comparison between low-dose and standard-dose multidetector CT in patients with suspected chronic sinusitis. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;181(4):939–44. doi:10.2214/ajr.181.4.1810939.
- Uribe S. Radiographic prediction of inferior alveolar nerve injury in third molar surgery. *Evid Based Dent*. 2017;18(3):88–9.
- Winter GB. Principles of exodontia as applied to the impacted mandibular third molar: a complete treatise on the operative technic with clinical diagnoses and radiographic interpretations. St. Louis, USA: American medical book company; 1926.

8. Danksagung

Mein Dank gilt dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf und in besonderem Maße der Klinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie unter der Leitung von Professor Dr. med. Dr. med. dent. Martin Gosau für die Möglichkeit, diese Arbeit durchzuführen. Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn PD Dr. med. Dr. med. dent. Henning Hanken und bei Herrn PD Dr. med. Dr. med. dent. Jan Klatt bedanken, die diese Arbeit stets freundlich betreut und hilfreiche Anmerkungen angebracht haben. Ich bedanke mich ebenso herzlich bei PD Dr. rer. nat. Lan Kluwe für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Für die Unterstützung bei der Datenerhebung und die intensive Prägung meiner beruflichen Laufbahn möchte ich mich bei Dr. med. dent. Torsten Glas und Dr. med. Volkmar Hartung in aller Herzlichkeit bedanken.

Ein ganz besonderer Dank gilt darüber hinaus nicht zuletzt meiner Familie, die mich ständig herzlich unterstützt, sowohl im Privaten als auch in meinem beruflichen Werdegang.

9. Lebenslauf

Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt.

10. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: