

Diplomarbeit

**Klassifikation und Risikostratifizierung retinierter unterer
Weisheitszähne**

**Eine vergleichende Untersuchung des konventionellen
Orthopantomogramms mit der dentalen Magnetresonanztomographie
(MRT)**

eingereicht von

Dr. med. univ.

Michael Schwaiger

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Zahnheilkunde

unter der Anleitung von

Sen.scient. Dr. Barbara Kirnbauer

Univ.Prof DDr. Norbert Jakse

Graz, Juli 2015

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 27.6.2015

Dr. med. univ. Michael Schwaiger eh.

Danksagungen

Mein besonderer Dank gilt meiner Diplomarbeitsbetreuerin Frau Sen.scient. Dr. Barbara Kirnbauer, sowie meinem Diplomarbeitsbetreuer Univ.Prof DDr. Norbert Jakse.

Liebe Mama, lieber Papa, lieber Matthäus, liebe Großeltern! Danke, dass ihr mich Zeit meines Lebens in allen meinen Entscheidungen, unterstützt habt. Ihr habt mir während der letzten Jahre oft den Rücken gestärkt und seid Wegbegleiter, die ich niemals missen möchte. Dankeschön!

Diese Arbeit widme ich meiner Freundin Solveig. Vielen Dank, für deine Unterstützung und deine aufmunternden Worte in sämtlichen Lebenslagen.

Zusammenfassung

Die operative Entfernung des retinierten Unterkieferweisheitszahns stellt eine der am häufigsten durchgeführten oralchirurgischen Eingriffe dar. Die hohe Inzidenzrate retinierter Weisheitszähne sowie mit der Zahnretention assoziierte Probleme und Komplikationen erklären die Häufigkeit der chirurgischen Intervention. Die im Rahmen präoperativer Maßnahmen durchgeführte Evaluation der retromolaren Lagebeziehungen wird standardmäßig anhand eines Orthopantomogramms realisiert. Ist die 2-dimensionale Diagnostik zur Verifikation der anatomischen Verhältnisse nicht ausreichend möglich wird auf weiterführende 3-dimensionale Bildgebungsverfahren zurückgegriffen. Allen voran sind es die Digitale Volumen Tomographie (DVT) sowie die dentale Computertomographie (CT), die hier zum Einsatz kommen. Beiden Verfahren liegen röntgenologische Funktionsprinzipien zugrunde. Dies impliziert die Verwendung ionisierender Strahlung. Als mögliche Spätfolgen ionisierender Strahlung sind strahlenassoziierte Krebserkrankungen zu nennen. Kinder und Jugendliche gelten als besonders gefährdet. Aus den genannten Gründen wird der Ruf nach alternativen Bildgebungsverfahren laut, welche ohne die Verwendung ionisierender Strahlung auskommen. Als 3-dimensionales Verfahren, welches dem Anspruch der „Strahlenlosigkeit“ gerecht wird, ist die Magnetresonanztomographie (MRT) zu nennen. Der Einsatz der MRT in zahnmedizinischen Fragestellungen gilt bis heute als wenig etabliert. Nicht zuletzt aufgrund der gewollten Strahlenreduktion wäre eine Ausweitung des zahnmedizinischen Anwendungsspektrums jedoch wünschenswert.

Material und Methoden

Die Untersuchung, es handelt sich um eine retrospektive Datenanalyse, basiert auf dem Vergleich der konventionellen OPG mit der 3-dimensionalen Kernspintomographie. Dieser wurde unter der Zuhilfenahme einer aktuellen Klassifikation zur Risikostratifizierung des retinierten unteren Weisheitszahnes realisiert. Im Zuge einer vorangegangenen Studie des Ludwig-Boltzmann Institutes in Graz, wurden MRT- und OPG-Aufnahmen eines 28-köpfigen Patientenkollektivs gefertigt, die der Examinierung unterzogen wurden. Als Einschlusskriterium galt die Anwesenheit mindestens eines Unterkieferweisheitszahnes. Zudem wurde Wert auf eine relativ geringe Rate an dentalen Restaurationen gelegt, um Bildartefakte einzudämmen. Daraus ergaben sich 56 untere Weisheitszähne, die zur

Beurteilung zur Verfügung standen. Die Anfertigung der Panoramaaufnahmen fand am Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie der Univ.-Zahnklinik Graz, im Zuge zahnmedizinischer Routineuntersuchungen statt. Die verwendete MRT-Röhre ist vom Gerätetypus 3T der Firma Siemens (Magnetom Trio, a TIM System, SiemensAG, Erlangen, Germany), welche mit einer 8-Kanal Spule ausgestattet ist. (8-channel receive-only CPC coil; Noras MRI products GmbH, Höchberg, Germany) Zur Risikostratifizierung wurde eine aktuelle Klassifikation aus der Literatur nach Juodzbaly und Daugela herangezogen. Diese Klassifikation kann sowohl bei 2- als auch 3-dimensionalen Datensätzen angewendet werden. Sie gliedert sich in die Parameter M, R, A, C, B und S auf, die die unterschiedlichen anatomischen Lagebeziehungen zu Nachbarstrukturen im retromolaren Bereich beschreiben. Abhängig davon wird dem beurteilten Zahn ein Schwierigkeitsgrad 0-3 zugeordnet. 4 Untersucherinnen und Untersucher unterschiedlichen Ausbildungs- und Erfahrungsstatus evaluierten die in der Klassifikation enthaltenen Parameter und erstellten so das zugehörige Risikoprofil des jeweiligen Weisheitszahn. Die Ergebnisse der Risikostratifizierung der beiden Verfahren wurden gegenübergestellt und statistisch ausgewertet.

Ergebnisse

Beide Verfahren erlaubten weitgehend die Beurteilung sämtlicher in der Klassifikation enthaltener Parameter. Die Gegenüberstellung des Gesamtrisikoscore der OPG- und der MRT- Untersuchung ließ keine signifikanten Unterschiede zwischen den bildgebenden Verfahren erkennen. Die Auswertung der Maximalwerte wurde getrennt nach erstem und zweitem Untersuchungsdurchgang vorgenommen. 56 Zähne wurden in die Bewertung miteinbezogen. Es zeigte sich eine prozentuelle Übereinstimmungsrate der Messergebnisse von **73%** (1.Untersuchung) bzw. **77%** (2. Untersuchung).

Die Streuung der Messwerte der MRT lag in weiteren Vergleichen über jener des Orthopantomogramms. Dies ist in Zusammenhang mit geringen Erfahrungswerten der Untersucherinnen und Untersucher hinsichtlich dentaler MRT-Aufnahmen zu sehen. In der detaillierten Auswertung der Parameter zeigten sich mehr oder minder gute Übereinstimmungsraten zwischen den Bildgebungsverfahren. Die Parameter M (72%) und S (77,9%) präsentierten sich wesentlich homogener, als die Parameter R (57%) und C (56%).

Conclusio:

Die Anwendung der MRT im Rahmen der Risikostratifizierung des Unterkieferweisheitszahnes kann basierend auf den Studienergebnissen als probates Vorgehen bestätigt werden. In speziellen Fällen kann die MRT als Ersatz zum strahlenapplizierenden OPG angewendet werden.

Abstract

The extraction of the impacted mandibular third molar is one of the most commonly performed surgical procedures in oral surgery. This is inter alia due to a very high incidence of third molar impaction. Up to two-thirds of young adults in Europe show at least one impacted third molar, whereby the maxillary third molar is seen to be more often afflicted. The condition of mandibular third molar impaction can be associated with a variety of complications, which is why dentists often consider surgical treatment.

As with any surgical procedure, proper treatment planning prior to the operation, is necessary. In this context radiologic examination will be required. The idea of radiologically assessing the factual situation is to minimize the risk of untoward events related to the operation. The most unpleasant iatrogenic induced complication in the course of mandibular wisdom teeth extraction is damage of the inferior alveolar nerve and/or the lingual nerve. Over the years different risk classification systems for third molar extraction have been developed, on the basis of which the assessment is realised. These systems are composed of parameters, which are known to affect the surgical difficulty level as well as the rate of complication. In the first instance of radiological assessment a conventional 2-dimensional panoramic radiograph is performed. It is considered the technique of choice as it gives a good overview of the anatomic relationships at hand. When it comes to evaluating the course of the IAN (inferior alveolar nerve) in relation to the root apex, the 2-dimensional radiological method very often goes to the limit of its capacity. Therefore further radiological investigations have to be brought to light, which allow a 3-dimensional examination of the retromolar space. With the aid of radiological methods, such as Cone Beam Computed Tomography or dental CT, accurate nerve assessment can be achieved.

However, besides the positive impacts on treatment planning, certain disadvantages can be linked to CBCT and dental CT. Both of the techniques are based on radiographic function principles. This implicates inevitably the exposure of ionizing radiation whenever one of the stated methods is deployed. Within this context, the risk of serious health issues, correlated to the radiation exposure, is escalating dramatically. The higher the extent of ionizing radiation exposure throughout one's life, the more likely one is to suffer radiation-induced damage. Most notably different kinds of malignancy may occur as a consequence of ionizing radiation. In order to counteract the occurrence of radiation-related health impacts, low-dose imaging techniques have been introduced. This tendency is to be seen

positively. Nonetheless, the call for alternative medical imaging techniques, without the usage of ionizing radiation, is getting louder.

The MRI is such a 3-dimensional imaging technique, which meets these requirements. In dentistry the MRI has rarely been accepted as the method of choice, or even as alternative method to CBCT or dental CT. This restrictive approach towards MRT is not understandable when taking its medical imaging qualifications into consideration. Indeed, in certain indications MRI is even said to be more conclusive compared to CBCT or dental CT. In particular, its excellent qualities of soft tissue imaging could be of enormous diagnostic benefit. Not least because of the desired reduction of ionizing radiation exposure, the extension of MRI would be medically sensible.

The aim of the study was to analyse, whether the MRI is capable of being applied as a further 3-dimensional imaging technique in the field of preoperative risk evaluation in mandibular third molars.

Material and Methods

Study design

The survey is based on a comparison of panoramic radiographs and MRI in the field of preoperative evaluation of mandibular third molars. A current risk classification system has been deployed on MR-scans and OPGs of 28 subjects for this specific purpose.

Subjects

The subjects have been recruited prior to the current study in the context of an examination concerning dental age estimation, with the aid of MRI and OPG. The study obtained approval by the local ethics committee. Additionally, an informed consent was demanded, which had to be signed by the patients (or their legal guardian, in case of minors). The study population consists of 28 healthy Caucasians, living in Austria, with a chronological age between 13 and 24. The presence of at least one mandibular third molar was defined as a main criterion to be included. Furthermore, only subjects with few dental restorations were admitted to the study in order to circumvent image artefacts. Panoramic radiographs and MR-scans were performed in all participants.

Imaging

MRI examinations were performed on a 3T scanner (Magnetom Trio, a TIM System, Siemens AG, Erlangen, Germany) using an 8-channel receive-only CPC coil (Noras MRI products GmbH, Höchberg, Germany). The protocol consisted of a 3D TSE sequence and a 3D constructive interference in steady state (CISS) sequence. The total acquisition time was 20:31 minutes.

The OPGs covering full upper and lower jaw were taken in the course of medical care at the Department of Oral Surgery and Radiology at the University Hospital.

Evaluation

Four investigators with different areas of expertise assessed both MR-scans and OPGs in order to determine the mandibular retromolar space. Therefore a risk classification system, proposed by Juodzbalyis and Daugela, was applied. Every scan was evaluated twice, independently and separately, by all of the investigators. The examiners were blinded to the subject's name in the MR-scans to ensure diagnostic impartiality.

The data was collected and transported to SPSS for further statistical analysis.

Results

All of the MR-scans depict the upper and lower lateral tooth area as well as surrounding bone structure. Excellent contrast graduation allows the differentiation of dental hard tissue and the dental pulp. Regarding the jawbone, differences between cortical and spongiose bone layers can be recognised. Furthermore, the evaluation of the maxillary sinus is feasible. The course of the inferior alveolar nerve becomes apparent in all of the MR-scans. In general, the complete assessment of almost all of the mandibular third molars was possible. The high ratio of evaluable risk parameters within the MRI suggests sufficient image quality. Anatomic correlations, including the course of the IAN relative to the root apex, could have been assessed accurately. A statistical analysis of the maximum values was performed. This was done separately for each of the radiological methods as well as examination rounds. In total 56 mandibular third molars were included in the evaluation process. Regarding the results of the overall-risk in OPG and MRI, no decisive differences between the two radiological methods could have been found.

Within the first examination round, a strict conformity of the maximum values was found in **73%**. In the course of the second examination, congruousness was achieved in **77%**. However, regarding further analysis of the two examination rounds, the OPG showed a slightly greater consistency of risk and difficulty-levels than the MRI.

Exposure time, costs of the examination and availability of the exposure units attracted negative attention during the study. These characteristics are likely to present a problem for further establishment in dentistry. Nonetheless, when looking at the results of the study, it seems evident that the MRI is a qualified and proper method for radiological assessment of mandibular third molars.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	i
Danksagungen	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract	vi
Inhaltsverzeichnis	x
Tabellenverzeichnis	xiv
Diagrammverzeichnis	xv
1 Einführung	1
2 Einführung in die klinische Anatomie des Unterkiefers und der retromolaren Region	3
2.1 <i>Die Mandibula</i>	3
2.1.1 Knöcherner Aufbau des Unterkiefers.....	3
2.1.2 Die Anatomie der retromolaren Region	6
2.1.3 Innervation des Unterkiefers	6
2.1.4 Morphologie und Lage des unteren Weisheitszahnes	10
2.2 <i>Der Retinierte Weisheitszahn</i>	12
2.2.1 Allgemeines.....	12
2.2.2 Epidemiologie	13
2.2.3 Ätiologie.....	14
2.2.4 Indikationen zur Entfernung des Weisheitszahnes.....	15
2.2.5 Kontraindikationen.....	18
2.2.6 Chirurgische Techniken	19
2.2.7 Komplikationen.....	22
2.3 <i>Klassifikationen</i>	25
2.3.1 Lagebeziehung des Weisheitszahnes im Verhältnis zum aufsteigenden Unterkieferast	25
2.3.2 Lage des Weisheitszahnes im Vergleich zur Okklusionsebene	26
2.3.3 Angulation.....	26

2.3.4	Wurzelmorphologie.....	28
2.3.5	Ergänzende Beurteilungskriterien und Klassifikationen.....	28
2.4	<i>Radiologische Untersuchungsmethoden</i>	30
2.4.1	2-dimensionale, weiterführende Diagnostik	31
2.4.2	3-dimensionale Aufnahmeverfahren	31
2.5	<i>Allgemeine Fragestellung</i>	46
2.5.1	Ziel	46
3	Material und Methoden	47
3.1	<i>Studiendesign</i>	47
3.2	<i>Einschlusskriterien</i>	47
3.2.1	Modifikation der Einschlusskriterien	48
3.3	<i>Patientenkollektiv</i>	48
3.4	<i>Bildgebung</i>	48
3.4.1	OPG	49
3.4.2	MRT	49
3.5	<i>Studienprotokoll</i>	49
3.5.1	Untersuchungsablauf.....	53
3.6	<i>Statistische Auswertung</i>	54
4	Ergebnisse	55
4.1	<i>Vergleich der Risikobewertung zwischen OPG und MRT</i>	55
4.1.1	Auswertung nach Maximalwerten	55
4.1.2	Vergleich der einzelnen Parameter zwischen OPG und MRT	57
4.1.3	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse;.....	60
4.2	<i>Vergleich der Messungen innerhalb eines Untersuchers</i>	61
4.2.1	Vergleich der Messungen im OPG.....	61
4.2.2	Vergleich der Messungen der MRT	61
4.2.3	Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den beiden Messungen pro Untersucher:.....	62
4.3	<i>Vergleich der Messungen zwischen den Untersuchern</i>	65
4.3.1	Vergleich der Messungen des OPG	65
4.3.2	Vergleich der Messungen der MRT	65
4.3.3	Prozentuelle Übereinstimmung zwischen je zwei Untersuchern:	66
4.4	<i>Verbessert sich der Untersucher von der 1. zur 2. Messung?</i>	69

4.4.1	Alle Messungen zusammen:.....	69
4.4.2	nach Messungen getrennt:.....	70
5	Diskussion	71
6	Conclusio.....	78
7	Literaturverzeichnis.....	79

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ansicht des knöchernes Unterkiefers von lateral (20)	4
Abbildung 2: Ansicht des knöchernen Unterkiefers (20).....	5
Abbildung 4: Ansicht der Mandibula in der Sagittalebene (21).....	6
Abbildung 5: Innervation des Unterkiefers, Ansicht von lateral (21).....	9
Abbildung 6: Innervation des Unterkiefers, Ansicht von medial (22)	9
Abbildung 7: Zahn 48, in mesio-angulärer Position, OPG eines Studienteilnehmers;	27
Abbildung 8: nach distal verkippter Weisheitszahn (2)	27
Abbildung 10: MRT, T1-Gewichtung.....	41
Abbildung 11: MRT- T2-Gewichtung.....	42
Abbildung 12: Risikostratifizierungsklassifikation(6)	50
Abbildung 13: Winkelmessung der Längsachse des Weisheitszahn zur Okklusionsebene (OPG).....	52
Abbildung 14: Screenshot der Winkelmessung (Längsachse des Weisheitszahn zur Okklusionsebene) im Rahmen der Untersuchung (MRT).....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maximalwerte Untersuchung 1.....	56
Tabelle 2: Maximalwerte Untersuchung 2.....	56
Tabelle 3: Parameter M.....	57
Tabelle 4: Parameter R.....	58
Tabelle 5: Parameter A.....	58
Tabelle 6: Parameter C.....	59
Tabelle 7: Parameter S.....	59
Tabelle 8: Vergleich der 1.- und 2.- Messung -Röntgen.....	61
Tabelle 9: Vergleich der 1.- und 2.- Messung –MRT.....	61
Tabelle 10: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher K.....	62
Tabelle 11: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher R.....	62
Tabelle 12: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher S.....	62
Tabelle 13: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher M.....	62
Tabelle 14: Vergleich der Untersucher- RÖNTGEN.....	65
Tabelle 15: Vergleich der Untersucher- MRT.....	65
Tabelle 16: Prozentuelle Übereinstimmung der Untersucher (Zahnärztin gegen Student).66	
Tabelle 17: Prozentuelle Übereinstimmung der Untersucher (Zahnärztin gegen Radiologen).....	66
Tabelle 18: Prozentuelle Übereinstimmung der Untersucher (Oralchirurgin gegen Oralchirurgin).....	66
Tabelle 19: Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den Untersuchern (Oralchirurgin gegen Oralchirurgin).....	68
Tabelle 20: Verbessert sich der Untersucher?.....	69
Tabelle 21: Abstände zum Mittelwert, getrennt nach Messung.....	70

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Prozentuelle Übereinstimmung zwischen Röntgen und MRT	60
Diagramm 2: Vergleich Röntgen und MRT	60
Diagramm 3: Kappa innerhalb eines Untersuchers	62
Diagramm 4: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (K)	63
Diagramm 5: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (R)	63
Diagramm 6: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (S).....	64
Diagramm 7: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (M)	64
Diagramm 8: Vergleich der Untersucher- KAPPA	66
Diagramm 9: Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den Untersuchern (Zahnärztin gegen Student)	67
Diagramm 10: Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den Untersuchern (Zahnärztin gegen Radiologen).....	67
Diagramm 11: Abstand zum Mittelwert.....	69
Diagramm 12: Abstände zum Mittelwert, getrennt nach Messung.....	70

1 Einführung

Die operative Entfernung des retinierten Unterkieferweisheitszahns stellt eine der am häufigsten durchgeführten oralchirurgischen Eingriffe dar. Rund 2/3 der mitteleuropäischen Bevölkerung weist zumindest einen retinierten Weisheitszahn auf, der, per definitionem, die Okklusionsebene nicht mehr oder nur unvollständig erreichen wird. (1) Der obere Weisheitszahn ist etwas häufiger betroffen. (2) Das Zustandsbild der Zahnretention ist oftmals mit Problemen verschiedenster Art vergesellschaftet, weswegen die operative Entfernung angedacht ist. (2–4) Im Zuge der Operationsplanung ist ein radiologisches Assessment nötig. Die Beurteilung der retromolaren Lagebeziehungen erfolgt primär anhand konventioneller 2-dimensionaler Aufnahmeverfahren. (3) Ist dies aufgrund komplexer anatomischer Verhältnisse nur unzufriedenstellend möglich, werden weiterführende diagnostische Mittel erforderlich. (5,6) Durch die Evaluierung der retromolaren Region anhand 3-dimensionaler Schichtbildverfahren kann iatrogen verursachten Läsionen und Komplikationen vorgebeugt werden. Besonders der Darstellung nervaler Strukturen muss Sorge getragen werden, da die Verletzung derselben zu unangenehmen temporären oder persistierenden Sensibilitätsdefiziten führen kann. (3,7–10) Zur Bestimmung des operativen Schwierigkeitsgrades bzw. des zu erwartenden Komplikationsrisikos stehen dem Behandler verschiedene Klassifikationssysteme zur Verfügung. Diese setzen sich aus diversen Parametern zusammen, welche in Zusammenhang mit einer erhöhten Schwierigkeitsstufe gebracht werden können. Die Ergebnisse der Risikostratifizierung sind mitentscheidend für das therapeutische Vorgehen der operativen Weisheitszahnentfernung. (6) Betrachtet man die Entwicklung der dentalen Radiologie der letzten Jahre, so sieht sich diese mehr und mehr mit der Verwendung 3-dimensionaler Bildgebungsverfahren konfrontiert. Besonders im Sinne der weiterführenden Diagnostik zur Abklärung verschiedener Fragestellungen wird auf 3-dimensionale Methoden zurückgegriffen. (11) Allen voran sind es moderne Schichtbildverfahren wie die dentale CT und die DVT, die im Zuge der weiterführenden Diagnostik zum Einsatz kommen. (12,13) Beiden Methoden ist die Verwendung ionisierender Strahlung gemein. Neben dem Vorteil der exakten Beurteilung anatomischer Lagebeziehungen, führt die forcierte Anwendung zur unweigerlichen Zunahme der diagnostisch akkumulierten Strahlenbelastung. Diese Entwicklung ist kritisch zu beäugen. Mögliche Spätfolgen der erhöhten Strahlenakkumulation stellen strahleninduzierte Malignome dar, deren Prognose oft als äußerst ungünstig beschrieben wird. Bei Kindern und Jugendlichen ist möglichst zurückhaltend mit der Anwendung

ionisierender Strahlung umzugehen, da diese als besonders strahlensensitiv einzustufen sind. (14,15) Die Tendenz mittels Low-Dose Aufnahmetechniken die iatrogene Strahlenbelastung zu reduzieren ist als positiv zu werten. (11) Dennoch wird der Ruf nach alternativen Möglichkeiten 3-dimensionaler Bildgebung laut, welche gänzlich auf die Verwendung ionisierender Strahlung verzichten. Als Bildgebungsverfahren, welches diesem Anspruch gerecht wird, ist die Magnetresonanztomographie zu nennen. Diese ist in weiten Teilen der Medizin als reliable 3-dimensionale radiologische Methode anerkannt. Lediglich in wenigen medizinischen Sparten, wie jener der Zahnmedizin, wird bis heute zurückhaltend mit der Anwendung der MRT umgegangen. Nur in speziellen Indikationen, wie etwa zur diagnostischen Abklärung von Kiefergelenksbeschwerden, wird das Verfahren standardmäßig eingesetzt. (16) Wirft man einen Blick auf die bildgebungstechnischen Qualitäten der MRT, so ist der zaghafte Einsatz als unverständlich zu empfinden. Im Vergleich zu „konventionellen“ 3-dimensionalen Methoden ist die diagnostische Aussagekraft in weiten Teilen zumindest als gleichwertig anzunehmen. In gewissen Indikationsstellungen wäre sogar eine diagnostische Überlegenheit der MRT zu erwarten. (17) Besonders hervorzuheben sind u.a. der ausgezeichnete Weichgewebekontast, sowie die Fähigkeit zur Darstellung ödematöser Flüssigkeitseinlagerungen. Nicht zuletzt aufgrund der gewollten Strahlenreduktion, gilt die Ausweitung des Anwendungsspektrums als wünschenswert.

Im Rahmen der aktuellen Studie soll geprüft werden inwiefern die MRT zur präoperativen Diagnostik unterer retinierter Weisheitszähne geeignet ist. Liefert die Untersuchung die gewünschten Ergebnisse, so käme der Einsatz der MRT als weiterführende bildgebende Maßnahme im Zuge der Weisheitszahndiagnostik in Frage.

2 Einführung in die klinische Anatomie des Unterkiefers und der retromolaren Region

Im folgenden Kapitel soll die Anatomie des Unterkiefers, sowie deren klinische Relevanz im Rahmen der zahnärztlich-chirurgischen Tätigkeit abgehandelt werden. Spezielles Augenmerk wird dabei auf die Region des Unterkieferweisheitszahnes gelegt.

2.1 Die Mandibula

2.1.1 Knöcherner Aufbau des Unterkiefers

Die Mandibula ist eine paarig angelegte knöcherne Struktur und Teil des Gesichtsschädels. Sie setzt sich aus einer linken und einer rechten Hälfte zusammen, die über die in der Medianen liegenden Unterkiefersymphyse miteinander in Verbindung stehen.

Die anatomische und funktionelle Untergliederung des Unterkiefers erfolgt in Corpus mandibulae, Angulus mandibulae sowie den aufsteigenden Unterkieferast, den Ramus mandibulae. (18,19)

2.1.1.1 Corpus mandibulae

Der Corpus mandibulae gilt als Basis des Unterkiefers und verläuft bogenförmig zwischen den beiden Angulus mandibulae. Sein kaudaler Anteil imponiert als massive knöcherne Struktur, welche sich kranialwärts zum Alveolarfortsatz des Unterkiefers verjüngt. Dieser ist Träger der Alveoli dentales, in denen die Wurzeln der Unterkieferzähne mithilfe Sharpey'scher Fasern ihre Verankerung finden.

Im anterioren Anteil des Corpus mandibulae befindet sich der Kinnvorsprung. Die Ecken seiner 3-eckigen Grundform werden kranial durch die Protuberantia mentalis sowie basal von den beiden Tubercula mentalia gebildet.

Eine wichtige Struktur, hinsichtlich operativer, sowie implantologischer Eingriffe am Unterkiefer liegt beiderseits einige Zentimeter lateral der Protuberantia mentalis an der Außenfläche des Corpus. Es ist dies das Foramen mentale, welches neben Blutgefäßen den gleichnamigen N. mentalis zur sensiblen Versorgung des anterioren Vestibulums und der Kinnregion entlässt. Zumeist lässt sich das Foramen röntgenologisch in der Prämolarenregion, ein paar Millimeter apikal der Wurzelspitzen lokalisieren. Besondere Achtsamkeit ist daher bei Wurzelspitzenresektionen der Prämolaren, als auch beim Setzen eines Implantates in der Region geboten, um das Risiko einer Schädigung des N. mentalis (s.u) zu minimieren. (6,18,19)

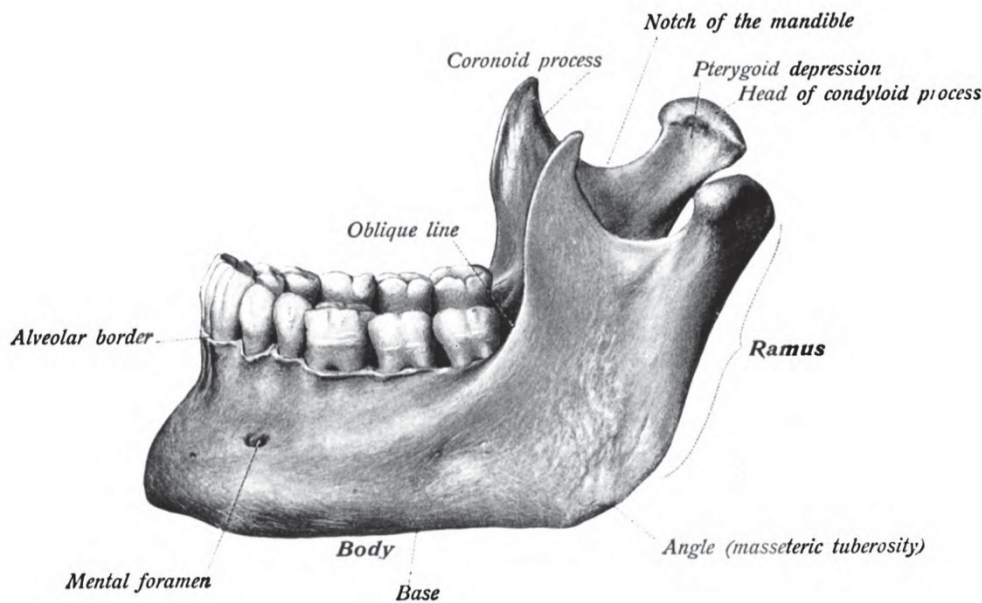


Abbildung 1: Ansicht des knöchernes Unterkiefers von lateral (20)

2.1.1.2 Angulus mandibulae

Der Angulus mandibulae stellt sich am hinteren unteren Rand der Mandibula am Übergang zwischen Corpus und Hinterrand des Ramus ascendens, als stark ausgeprägte köcherne Verstärkung dar. Er dient Teilen der Kaumusculatur (M. masseter und M. pterygoideus medialis) als Ansatzpunkt. Der Winkel des Angulus variiert mitunter stark und kann zwischen 90° und 140° liegen. (18,19)

2.1.1.3 Ramus mandibulae

Der aufsteigende Unterkieferast teilt sich kranial in seinen Gelenksfortsatz, den Processus condylaris und dem als Muskelansatz dienenden Processus coronoideus auf.

Der Processus condylaris ist in das Caput mandibulae und den Collum mandibulae untergliedert. Das Caput ist Teil des temporomandibulären Gelenks. Am spitz auslaufenden Processus coronoideus inseriert ein Großteil der Fasern des M. temporalis (Crista temporalis).

Als Ausläufer der Crista temporalis verläuft eine prominente knöcherne Leiste schräg zum Corpus mandibulae, welche als Linea obliqua bezeichnet wird. Sie liegt lateral der Zahnreihe und dient als Verstärkung der graziilen knöchernen Anatomie dieses Bereichs.

An der lingualen Seite des Corpus mandibulae ist die Linea mylohyoidea zu erkennen, die ebenso am Ramus ascendens ihren Ursprung nimmt und dem M. mylohyoideus als Ansatzpunkt dient.

Auf Höhe der Okklusionsebene an der Innenseite des aufsteigenden Unterkieferastes ist der Eintrittspunkt des N. alveolaris inferior in den Canalis mandibulae zu erkennen. Dieser wird als Foramen mandibulae bezeichnet und ist medial durch eine knöcherne Struktur, der Lingula mandibulae verdeckt. An diesem Knochenendeckel setzt das Ligamentum sphenomandibulare an, welches als Syndesmose an der Stabilisierung des Kiefergelenks beteiligt ist. Vor dem Eintritt des N. alveolaris inferior in den Canalis mandibularis liegt der Nerv relativ oberflächlich unter der Schleimhaut, weswegen diese Stelle bevorzugt zum Setzen der Leitungsanästhesie genutzt wird. (18,19)

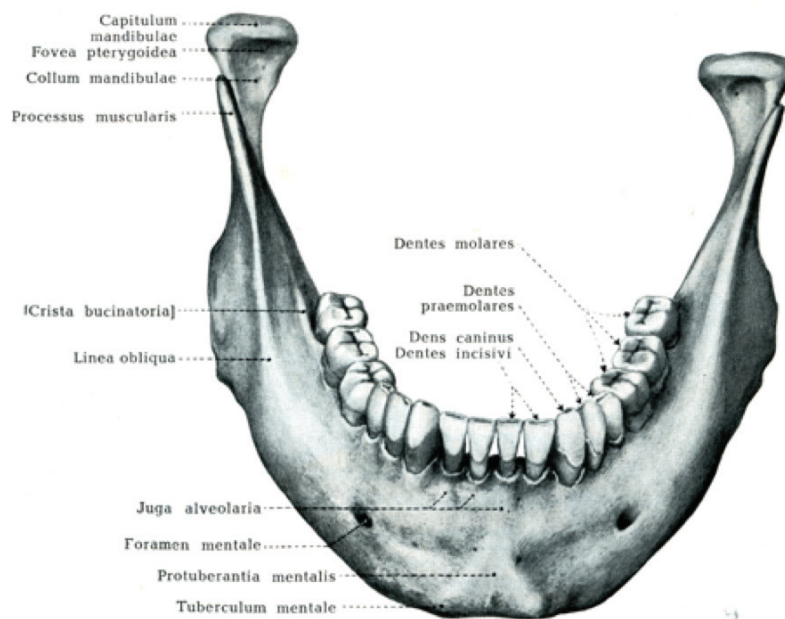


Abbildung 2: Ansicht des knöchernen Unterkiefers (20)

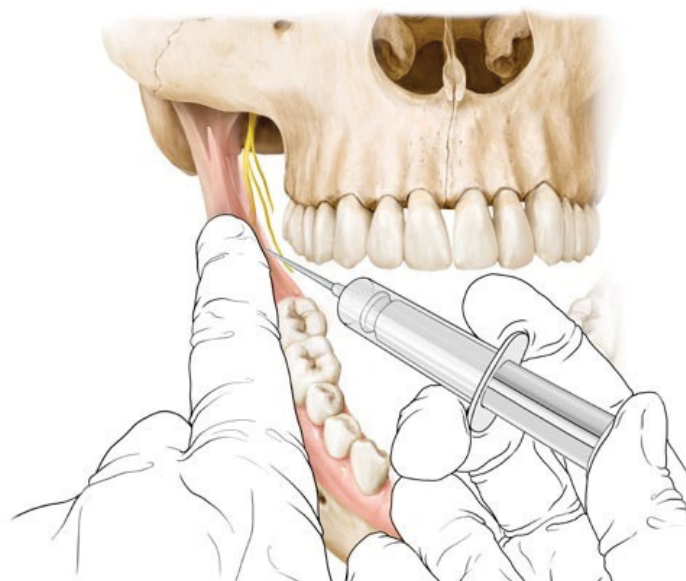


Abbildung 3: Setzen der Leitungsanästhesie im Unterkiefer (21)

2.1.2 Die Anatomie der retromolaren Region

Von distal des endständigen Molaren bis mesial des aufsteigenden Unterkieferastes erstreckt sich die retromolare Region. Diese wird wegen ihrer Grundform als Trigonum retromolare bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine 3-eckige Knochenfläche, welche seitlich durch das Crus mediale und das Crus laterale der Crista temporalis des aufsteigenden Unterkieferastes, sowie anterior durch einen Molaren begrenzt wird. (19)

Der letztständige Molar der Unterkieferzahnreihe bildet die Basis des Dreiecks. Diese Position ist entwicklungsgeschichtlich dem Weisheitszahn zuzuordnen. Vor allem in westlichen Ländern aber liegt ein beträchtlicher Teil der dritten Molaren in retinierter oder teilretinierter Form vor. Als Folge davon übernimmt der zweite Molar die Funktion als Basis der retromolaren Region.



Abbildung 4: Ansicht der Mandibula in der Sagittalebene (21)

2.1.3 Innervation des Unterkiefers

Verschiedenste nervale Strukturen sind an der Innervation des Unterkiefers beteiligt. In diesem Abschnitt werden vor allem jene Nervenverläufe detailliert beschrieben, die bei operativer Entfernung des Unterkieferweisheitszahnes potentiell in Mitleidenschaft gezogen werden können. Die genaue Kenntnis des anatomischen Verlaufs ist von höchster Relevanz, da Nervenläsionen und damit zusammenhängende Sensibilitätsstörungen zu den am häufigsten auftretenden Komplikationen der Unterkieferweisheitszahnentfernung zählen. (3,7,9)

Der Großteil, der in der Unterkieferregion vorkommenden Nervenbündel ist trigeminaler Herkunft. Es sind dies Abzweigungen des N. mandibularis, der als 3. Hauptast des N. Trigeminus neben N. ophthalmicus und N. maxillaris, vom Ganglion trigeminale (semilunare) abgeht. (18,19)

Der N. mandibularis nimmt Anteile der Portio major und der Portio minor des N. Trigeminus auf und führt somit Fasern sensibler und motorischer Qualität.

Die motorischen Fasern entspringen der Portio minor und sind für die Innervation der gesamten Kaumuskulatur, sowie jener des M. mylohyoideus und des vorderen Bauchs des M. digastricus verantwortlich.

Das Ausmaß der sensiblen Versorgung erstreckt sich über den Großteil der Mundhöhle und beinhaltet die vestibuläre und lingual-gelegene Mundschleimhaut, den vorderen Anteil der Zunge, die Unterkieferzähne sowie extraoral, die Haut der Kinnregion. Die Ausnahmen bei der sensiblen Versorgung des Cavum oris stellen der harte und der weiche Gaumen sowie der hintere Anteil der Zunge dar.

Direkt nach dem Abgang vom Ganglion semilunare zieht der N. mandibularis durch das Foramen ovale in die Fossa infratemporalis, um sich dort in weitere Komponenten zu aufzuteilen:

- Als erster Ast zweigt der *Ramus meningeus* ab, welcher durch das Foramen spinosum zurück zur Dura mater zieht, um diese sensibel zu versorgen.
- Die motorischen Fasern des *N. mandibularis* sind für die Innervation der Kaumuskulatur verantwortlich. Diese teilen sich in den *N. massetericus*, die *Nn. Pterygoidalis medialis et lateralis*, sowie die *Nn. temporalis profundi* auf und versorgen die gleichnamigen Muskeln.
- *N. buccalis*: Aus der Regio infratemporalis kommend, durchquert der N. buccalis sowohl den M. pterygoideus lateralis, als auch den M. buccinator. Seine Endäste versorgen die bukkal gelegene Gingiva bis zur Prämolarenregion und Austritt des *N. mentalis*. Weiters gehören die Wangenschleimhaut und die Haut in Nähe des Mundwinkels zu seinem Versorgungsgebiet. (18,19) Bei Entfernung des Unterkieferweisheitszahnes ist daher die Anästhesie des *N. buccalis* indiziert.

- *N. Lingualis und Chorda tympani*

Als eine, aus zahnmedizinischer Sicht sehr bedeutende nervale Struktur, ist der Nervus lingualis zu erwähnen. Dieser ist aufgrund seiner engen Lagebeziehung zum Unterkieferweisheitszahn und aufgrund seines oberflächlichen Verlaufs bei chirurgischen Eingriffen in der retromolaren Region besonderer Verletzungsgefahr ausgesetzt. Auf dem Weg zu seinen Versorgungsgebieten zieht der Nerv an der medialen Seite des Ramus mandibulae herab, verläuft anschließend lingualseitig des Weisheitszahnes, um kurz darauf in Richtung des Mundbodens abzutauchen.

Er führt einerseits sensible Fasern, die einseitig die Innervation der vorderen 2 Drittel der Zunge bis zur Mittellinie übernehmen. Andererseits ist er Träger von parasymphatischen Fasern sowie von Geschmacksfasern, welche sich ihm als Chorda tympani, vom N. facialis her kommend anschließen. Seine Endäste erreichen außerdem das Ganglion submandibulare und die Glandula sublingualis, sowie die daran angrenzende Mundschleimhaut.

Die Leitungsanästhesie des Unterkiefers bewirkt neben der Schmerz- und Reizausschaltung des N. alveolaris inferior ebenso eine Anästhesie des N. lingualis. Dies lässt sich durch den topographisch sehr nahen Verlauf der beiden Nerven, vor Eintritt des N. alveolaris inferior in den Canalis mandibulae erklären. (18,19)

- *N. alveolaris inferior*

Der Nervus alveolaris inferior verläuft an der Innenseite des aufsteigenden Unterkieferastes in unmittelbarer Nähe des Nervus lingualis (s.o.), bevor er über das Foramen mandibulae in seinen knöchernen Kanal eintritt. Noch vor Eintritt in den Canalis mandibulae entlässt der N. alveolaris inferior Nervenfasern, welche als N. mylohyoideus den M. mylohyoideus sowie den vorderen Bauch des M. digastricus motorisch innervieren.

Der Mandibularkanal wäre besser als Rinne zu bezeichnen, da er nach oben hin geöffnet ist. So können Anteile des N. alveolaris inferior, als Plexus dentalis inferior organisiert, die Innervation der Unterkieferzähne übernehmen. Zusätzlich gehen hier die Rami gingivales zur Versorgung der angrenzenden Schleimhaut ab.

In der Prämolarenregion verlässt ein weiterer Teil sensibler Fasern den N. alveolaris inferior, welche über das Foramen mentale aus der knöchernen Rinne austreten und als N. mentalis das Vestibulum sowie extraoral die Kinnregion versorgen. (18,19)

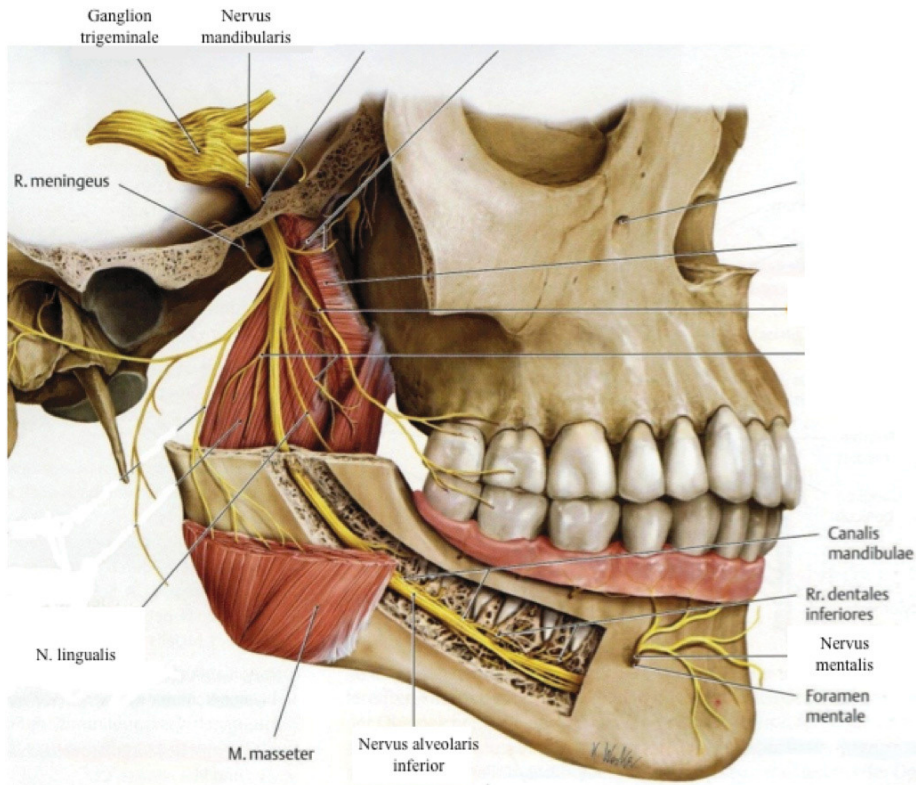


Abbildung 5: Innervation des Unterkiefers, Ansicht von lateral (21)

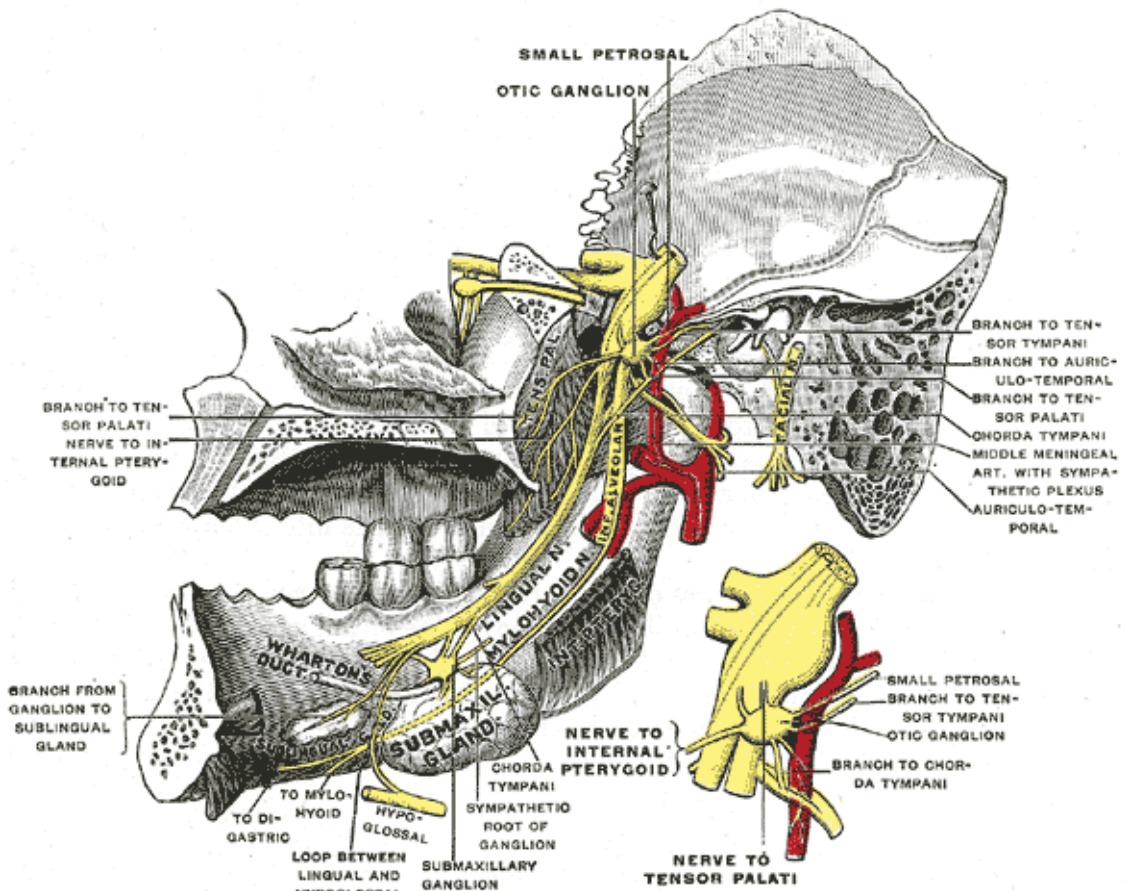


Abbildung 6: Innervation des Unterkiefers, Ansicht von medial (22)

2.1.4 Morphologie und Lage des unteren Weisheitszahnes

Der untere Weisheitszahn findet sich als dritter Molar (M3) am distalen Ende der Unterkieferzahnreihe im Pars alveolaris des Corpus mandibulae.

Als Zuwachszahn, zu denen auch die beiden ersten Molaren (M1 und M2) des bleibenden Gebisses zu zählen sind, ist er der 1. Dentition zuzuordnen. Er entwickelt sich aus einer distalen Verlängerung der primären Milchzahnleiste, die an der Stelle der 2. Milchmolaren durch Auftreten proliferativer Prozesse entsteht. Weitere Merkmale, die für die Zugehörigkeit des Weisheitszahnes zur ersten Dentition sprechen, sind das Fehlen eines Zahnvorgängers, sowie das Ausbilden einer Ersatzzahnleiste. Die Entwicklung des Weisheitszahnes ist, aufgrund der gleichen genetischen Ausgangsbasis, stark an jene der beiden anderen Zuwachszähne gekoppelt: Während sich die Zahnanlage des 1. Molaren über Durchlaufen des Knospen-, Kappen-, und Glockenstadiums entwickelt, ist eine weitere distale Aussprossung der Zahnleiste für die 2 verbleibenden Zahnanlagen zu beobachten.(23)

Das Heranreifen der Zahnanlagen der zweiten und dritten Molaren, erfolgt gleichermaßen über die bereits oben erwähnten Stadien der Zahnentwicklung.

Als wesentlichster Unterschied zu den beiden ersten Zuwachszähnen, ist allerdings das zeitliche Einsetzen der Bildungsphasen des Weisheitszahnes zu nennen. Während der 1. Zuwachszahn beispielsweise noch im Laufe der Schwangerschaft das Glockenstadium erreicht und daher schon sehr früh mit der Produktion von Zahnhartsubstanz beginnen kann, ist beim Weisheitszahn erst rund 6 Jahre später mit dieser Phase des Reifungsprozesses zu rechnen. Als Grundlage dieser zeitlich ausgedehnten und genetisch determinierten Abfolge wird der Wachstumsvorgang des Unterkiefers bzw. des Tuber maxillae des Oberkiefers gesehen. Das bedeutet, dass zuallererst der nötige Platz geschaffen werden muss, bevor ein Zahndurchbruch des 3. Molaren überhaupt gewährleistet werden kann.

Im 6. Lebensjahr ist die Ausbildung des ersten Zuwachszahnes abgesehen vom noch unvollständigen Wurzelwachstum, abgeschlossen, sodass der Eruption des Zahnes nichts mehr im Wege steht. In etwa zum selben Zeitpunkt lässt sich die Anlage des Weisheitszahnes erstmals radiologisch nachweisen. (18,23)

Der Prozess seiner Mineralisation beginnt sich zwischen dem 7.-13. Lebensjahr zu manifestieren. Im Laufe seiner Mineralisation und bis zu seinem Durchbruch nimmt der Weisheitszahn eine Rotation in der Sagittalebene, um die durch den Zahn gelegte Längsachse vor. So ist er zu Beginn seiner Entwicklung noch mit der Zahnkrone nach mesial, in Richtung des zweiten Molaren verkippt. Nach und nach rotiert er gegen den Uhrzeigersinn, bis eine vertikale Position des Zahnes erreicht wird, und er sich regelrecht in den Zahnbogen einordnen

kann. (2) Die bukkolinguale Ausrichtung des Zahnes, auf die Frontalebene projiziert, orientiert sich mehrheitlich nach lingual. Peterson sieht die Ursache dafür in der lingual etwas dünner ausgeprägten Kompakta des Corpus mandibulae. Zusätzlich spielt sicher die generell nach lingual ausgelegte Zahnkronenstellung des gesamten Unterkieferseitenzahnbereichs keine unwesentliche Rolle. (2) Das Durchbruchsalter des Weisheitszahnes ist äußerst variabel und bewegt sich zwischen dem 20.-25. Lebensjahr. (2) Aktuellere Ergebnisse sprechen von einem Durchbruchsalter zwischen dem 17. und dem 21. Lebensjahr. (1,6) Teilweise wird, vor allem an afrikanischen Ethnien, sogar ein noch früherer Zeitpunkt des Zahndurchbruchs, schon um das 14. Lebensjahr beobachtet. (24) In Mitteleuropa sind Durchbruchszeiten bis um das 26. Lebensjahr keine Seltenheit. (25) Im Durchschnitt eruptieren Weisheitszähne bei Männern in etwa 3-6 Monate vor jenen weiblicher Probandinnen. (26)

Die Form des unteren Weisheitszahnes unterliegt hoher genetischer Variabilität, wie sowohl an den Wurzeln- als auch an der Zahnkrone zu erkennen ist. Die Kronenform ähnelt jener des 2. Molaren, allerdings werden oftmals zusätzliche Höcker oder Höckerverschmelzungen beschrieben. Die Wurzeln sind in der Regel in einen mesialen und einen distalen Ast untergliedert, die knöchern durch das Septum interradicularis getrennt werden. (18)

Einziehungen und Verschmelzungen der Wurzeln sind häufig und korrelieren ebenso, wie die Lage des Zahnes im Kiefer mit dem Schwierigkeitsgrad einer etwaigen Zahnentfernung. Häufig sind verbackene, konische angelegte Wurzeln, welche bei der Zahnextraktion um ein Wesentliches einfacher zu handhaben sind, als beispielsweise ihre stark divergierenden Artgenossen. Zusätzliche Beachtung sollte bei abgeschlossenem Wurzelwachstum auf die von der Zahnachse abweichenden Wurzelspitzen gelegt werden. Röntgenologisch imponieren Wurzeln häufig in Form einer Superimposition. Dies bedeutet, dass es in 2-dimensionalen Aufnahmen des Orthopantomogramms zu einer Überlagerung der Wurzelspitzen und dem meist bukkal davon verlaufenden Mandibularkanal kommt. Um die genaue Lagebeziehung zwischen N. alveolaris inferior und dem Weisheitszahn beurteilen zu können, bedarf es allerdings weiterer Abklärung mittels 3-dimensionaler Aufnahmetechniken. Weiters gehen aus Untersuchungen an OPGs 9 radiologische Zeichen hervor, welche bei enger Lagebeziehung auftreten und als potentieller Indikator verwendet werden können. (27)

2.2 Der Retinierte Weisheitszahn

2.2.1 Allgemeines

In Mitteleuropa liegt das Auftreten retinierter Weisheitszähne junger Erwachsener bei rund 73%. (1) Zumeist ist daraufhin die chirurgisch durchgeführte Entfernung des retinierten Zahnes indiziert, da der Status der Zahnretention erhebliche Risiken und mögliche Komplikationen mit sich bringen kann. (2)

Die Entfernung retinierter Weisheitszähne zählt damit zu den am häufigsten durchgeführten Eingriffen der oralen Chirurgie.

2.2.1.1 Definition:

Verschiedenste Definitionen wurden im Laufe der Jahre formuliert mithilfe derer versucht wurde die vorliegende Situation am Treffendsten zu schildern.

1954 sprechen Mead et al. von einer Zahnretention beziehungsweise einer Impaktierung eines Zahnes, wenn aufgrund verschiedenster Ursachen, wie Platzmangel oder falsche Angulation, verhindert wird, dass dieser regelgerecht in den Zahnbogen durchbrechen kann. (28)

Peterson definiert den Begriff etwas anders, in dem er die zeitliche Komponente als ausschlaggebendes Kriterium einführt. Danach gilt ein Zahn dann als „retiniert“, wenn dieser nicht innerhalb des dafür vorgesehen Zeitraumes durchgebrochen ist. (29)

2004 ist es Farman, der die beiden oberen Aussagen kombiniert und die Zahnretention damit wie folgt definiert: Der Begriff der Zahnretention ist zutreffend, wenn diverse Ursachen, wie Platzmangel, falsche Angulation oder ein für den Zahndurchbruch zu stark ausgeprägtes umliegendes Gewebe, die regelgerechte Eruption des Zahnes innerhalb des dafür vorgesehenen Zeitraumes verhindern. (6)

Da eine Zahnretention in Folge meist nicht lösbarer Ursachen entsteht, stellt diese vielmehr einen definitiven als einen temporären Befund dar. Folglich verbleibt der Zahn in retinierter Form im Kiefer. Betrachtet man die Feststellung allein, gäbe dies noch keinen Anlass zur operativen Therapie, wären nicht zahlreiche Komplikationen und Risiken mit der Retention eines Zahnes vergesellschaftet. (2,3) Als allgemeine Empfehlung wird daher sowohl die therapeutische als auch die prophylaktische Entfernung retinierter Zähne propagiert. (2,4)

Zusätzlich zu der Tatsache, dass ein Zahn nicht regelgerecht durchgebrochen sein kann, werden vor allem im deutschsprachigen Raum verschiedene Grade der Zahnretention unterschieden: So spricht man von einem vollretinierten Zahn, wenn dieser keinerlei Verbindung zur Mundhöhle

besitzt und folglich völlig von Schleimhaut bedeckt vorliegt. Befindet sich zwischen Schleimhaut und Zahnoberfläche außerdem eine knöcherne Trennschicht, ist von dem Terminus des „impaktierten“ Zahnes die Rede. (30)

Als „partiell retiniert“ oder „teilretiniert“ wird ein Zahn dann bezeichnet, wenn diesem ein vollständiges Durchbrechen in den Zahnbogen verwehrt bleibt, sodass ein Teil des Zahnes nach wie vor von Knochen oder Schleimhaut bedeckt wird. Besonders diese Form retinierter Zähne stellt in weiterer Folge eine potentielle Gefahrenquelle für das Auftreten von Komplikationen dar, da der Zahn mit der bakteriell dicht besiedelten Flora der Mundhöhle in Kontakt steht. An den Stellen des Zahnes, die mit Knochen oder Schleimhaut überzogen sind, kommt es daher, mitunter aufgrund der schlechten Putzbarkeit, häufig zu sogenannten Schlupfwinkelinfektionen. (2,4)

Weicht die Durchbruchrichtung, die Zahnachse oder gar die anatomische Position der Zahnanlage von der Norm ab, wird von einer Zahnverlagerung gesprochen. Die Situation einer besonders stark ausgeprägten Abweichung der Zahnposition wird durch den Begriff der Zahndystopie beschrieben. (4)

2.2.2 Epidemiologie

Im Allgemeinen können Durchbruchstörungen und damit zusammenhängende Zahnretentionen den gesamten Kieferbereich betreffen. Dennoch kristallisieren sich bei statistischer Untersuchung der Häufigkeit von Zahnretentionen sogenannte Prädilektionsstellen im Zahnbogen heraus, an welchen es eher zu dem Phänomen der Zahnretention kommt. Als Region mit der höchsten Zahnretentionsrate ist der Bereich der Weisheitszähne zu nennen. Die oberen Weisheitszähne liegen etwas häufiger retiniert vor, als jene des Unterkiefers. (2,4) . Die prozentualen Angaben bezüglich der Häufigkeit der Retention von mindestens einem Weisheitszahn schwanken bei west- und mitteleuropäischen Probandinnen und Probanden, zwischen 73% (1) und 80% (4). Die Eckzähne sind mit einem Prozentsatz von 0,5-3,5% an zweiter Stelle der Retentionsstatistik zu finden. Im Einklang mit den Weisheitszähnen treten Durchbruchstörungen der Eckzähne häufiger im Oberkiefer als im Unterkiefer auf. Die Ursache dafür liegt an der Durchbruchreihenfolge der Zähne im Oberkiefer. In der Regel brechen die seitlichen Schneidezähne sowie die ersten Prämolaren noch vor den Eckzähnen in den Zahnbogen durch. Nicht selten entsteht dadurch ein sogenanntes „Crowding“ der Zähne. (29) Das hat zu Folge, dass ein zu enger Abstand der beiden benachbarten Zähne, das regelgerechte Durchbrechen des Eckzahnes verhindert. Als Konsequenz kommt es zur Retention des Eckzahnes im Kieferknochen.

Die restlichen Zahnanlagen sind wesentlich seltener von Zahnretentionen betroffen. Am Ehesten sind diese, nach jenen der Weisheitszähne und der Eckzähne, an den zweiten Prämolaren des Unterkiefers zu beobachten. Dies wird in gleicher Weise durch die Durchbruchsreihenfolge der Zähne im Unterkiefer begünstigt. Wirft man nun nochmals einen Blick auf den letzten Absatz, liegt der Schluss nahe, dass jeweils die letztständigen Zähne einer Funktionsgruppe, also der Molaren, Prämolaren und Schneidezähne, besonders wahrscheinlich von Zahnretentionen betroffen sind.

2.2.3 Ätiologie

Verschiedene Ursachenkomplexe konnte für die Retention von Zähnen ausfindig gemacht werden. (4,6,29) Zumeist ist es jedoch schwierig, im Einzelfall die genaue Ursache der Retention zu definieren. Vermehrt kommt es zu einem Zusammenwirken verschiedener Triggerfaktoren, die in weiterer Folge zur Retention eines Zahnes führen.

Als häufigster Grund der Retention des Unterkieferweisheitszahnes wird das fehlende Platzangebot für den Durchbruch des Zahnes genannt. Der Platzmangel ergibt sich aus einem im Vergleich zur Zahnreihe zu kurz ausgeprägten Alveolarkamm. Da der Weisheitszahn als letzter in den zu diesem Zeitpunkt bereits vollbezahnten Unterkiefer durchbricht, ist besonders im retromolaren Bereich mit einem inadäquaten Platzangebot zu rechnen. (31,32) Das Auftreten eines zu kurzen Alveolarkamms lässt sich am besten durch Dysbalancen des Unterkieferwachstums erklären. Dieses erfolgt unter anderem durch Appositionsprozesse an der Rückseite des aufsteigenden Unterkieferastes, sowie durch Resorptionsprozesse an seiner Vorderseite. Kommt es zu einem frühzeitigen Stopp des Längenwachstums in diesem Bereich, so blockiert der aufsteigende Kieferast den Weg der Eruption. (33)

Darüber hinaus wird vor allem in westlichen Ländern eine evolutionsbedingte Größenabnahme des Unterkiefers vermutet. Ein Fakt, der für diese Theorie zu sprechen scheint, sind auffallend häufiger auftretende Nichtanlagen der Weisheitszähne. Auch der starken Modifizierung der Ernährungsgewohnheiten der Industrienationen, die sich im Laufe des letzten Jahrhunderts vollzogen hat, wird große Bedeutung beigemessen. Die moderne westliche Kost verursacht aufgrund ihrer erheblich weicheren Beschaffenheit wesentlich weniger approximalen Abrieb, wodurch sich der Mesialdrift der Zähne massiv verringert. (34,35) Als Konsequenz bietet sich dem Weisheitszahn deutlich weniger Platz für seine Einreihung im Zahnbogen.

Die Ausrichtung des Weisheitszahnes im Kiefer korreliert stark mit auftretenden Retentionen. Im Laufe seines Entwicklungsprozesses rotiert der Zahnkeim von einer zumeist mesioangulär ausgerichteten Position gegen den Uhrzeigersinn in eine vertikale, für den Durchbruch

geeignete Lage. Verharrt der Zahn in seiner mesioangulären Ausrichtung, wird der orthograde Durchbruch schier unmöglich. Auch stark nach bukkal oder lingual verkippte Zähne werden durch die fehlerhafte Ausgangslage in ihrer Eruption beeinträchtigt. (2,36)

Betrachtet man den Winkel zwischen aufsteigendem Unterkieferast und der Unterkieferebene, ist leicht erkennbar, dass sich dieser während des Wachstumsprozesses des Unterkiefers verändert. Mit dem Winkel ändert sich auch der Abstand von Okklusionsebene zu aufsteigendem Unterkieferast. Daraus kann eine für die Eruption ungünstige Relation zwischen Weisheitszahn und Unterkieferast resultieren.

Häufig sind Malformationen der Wurzeln mit der Retention des Weisheitszahnes vergesellschaftet. Besonders von der Zahnachse abweichende Wurzelspitzen können die Eruption beeinträchtigen. Eine für die umliegenden Gewebe zu gering ausgeprägte Eruptionskraft führt ebenso zur Retention des Zahnes. Meist sind sehr tief im Knochen sitzende Weisheitszähne davon betroffen.

Nicht außer Acht zu lassen sind pathologische Prozesse, die sich im Bereich des Zahnes manifestieren können. Hierzu zählen unter anderem zystische Läsionen, Malformationen und odontogene, sowie nicht odontogene Tumoren. (4)

2.2.4 Indikationen zur Entfernung des Weisheitszahnes

Bestehenden Empfehlungen für das Handling retinierter und partiell retinierter Weisheitszähne ist gemeinsam, dass sich diese für eine frühzeitige Entfernung des Zahnes aussprechen. (2,4,37) Konkret soll die Extraktion des Zahnes sobald als möglich nach der Diagnosestellung erfolgen. Mithilfe radiologischer Untersuchungen lässt sich vorzeitig eine potentielle Zahnretention erkennen. Wie aus epidemiologischen Studien hervorgeht, kann die Eruptionszeitspanne des Weisheitszahnes stark variieren. Am Häufigsten findet der Zahndurchbruch zwischen dem 20. und dem 25. Lebensjahr statt. (2) Daraus ergibt sich der ideale Extraktionszeitpunkt, der sich auf das noch nicht abgeschlossene Wurzelwachstum bezieht. So sollte das Wurzelwachstum einen Grad erreicht haben, an dem die Länge der Wurzeln zwischen 1/3 und 2/3 ihrer maximalen Ausdehnung liegt. Dies ist Großteils im Alter zwischen 17 und 20 Jahren zutreffend. (29)

Die Vorteile einer frühzeitigen Entfernung des retinierten Zahnes, beziehen sich u.a. auf die bessere Wundheilung junger Patienten. Der Knochen ist flexibler, das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen und die parodontale Regeneration geht wesentlich schneller vonstatten. (29) Je älter ein Patient zum Zeitpunkt der Zahnentfernung, desto höher ist folglich die Wahrscheinlichkeit für postoperative Komplikationen und Beschwerden.

Im Allgemeinen wird also die Entfernung eines jeden retinierten Zahnes empfohlen. Die richtige Indikationsstellung ist dabei von großer Bedeutung. Prinzipiell wird in therapeutisch und prophylaktisch indizierte Zahnextraktionen unterschieden. Vielfach werden Eingriffe vor dem Auftreten von Problemen, also in elektiver, prophylaktischer Weise durchgeführt. Dies ist durchaus sinnvoll, da eine Operation in einem unter Umständen bereits entzündeten Gebiet mit wesentlich höheren Komplikationsraten vergesellschaftet ist. Interessanterweise spricht sich das National Institute of Clinical Excellence of England (NICE) in den vor kurzem veröffentlichten Guidelines gegen prophylaktische Zahnentfernungen aus. (6) Eine erste Auflistung sowohl therapeutischer als auch prophylaktischer Indikationen liefern die beiden Einteilungen nach Koerner (38) und Lytle (35) . Die am häufigsten vorkommenden Punkte werden im Folgenden ausführlicher behandelt:

2.2.4.1 *Dentitio difficilis- Pericoronitis*

Pathogenetisch bedingt sind ausschließlich teilretinierte Zähne vom Krankheitsbild der Perikoronitis betroffen. Es handelt sich dabei, um eine meist chronisch verlaufende Entzündung des, den Zahn bedeckenden Weichgewebes. Den Auslöser der Entzündung liefert die orale Flora, mit der der Zahn seit Beginn des Eruptionsprozesses in Kontakt steht. Zwischen dem Weichgewebe, das sich als sogenanntes Operculum über den Zahn legt und der Zahnoberfläche selbst finden orale Keime ideale Bedingungen vor. Darauf reagiert der menschliche Organismus mit einer Abwehrreaktion, die im Endeffekt die Entzündung unterhält. Ein häufig verwendetes Synonym ist der Begriff der Schlupfwinkelinfektion, der sehr treffend den Pathomechanismus der Erkrankung erklärt. Die schlechte Putzbarkeit der Weichteilnische, die Ansammlung von Nahrungsresten sowie die Präsenz von Keimen führen unweigerlich zur Infektion der betreffenden Region. Bei normaler Abwehrlage verläuft eine Perikoronitis in ihrer chronischen Form unauffällig. Exazerbiert die Entzündung durch Triggerfaktoren oder Immunsuppression, können solch massive Komplikationen ausgelöst werden, dass eine stationäre Behandlung notwendig wird. Im schlimmsten Fall zeigt sich ein septisches Zustandsbild mit stark beeinträchtigtem Allgemeinzustand mit Schluckbeschwerden bis hin zur Atemnotsymptomatik, welche durch die starke Schwellung verursacht werden. Je nach Schweregrad der Symptomatik gestaltet sich das Ausmaß der Therapie. Bei milden Verlaufsformen wird vielfach konservativ behandelt. In Anbetracht der Tatsache, dass der vorliegende Befund des teilretinierten Zahnes eine potentielle Risikoquelle darstellt, sollte die prophylaktische Zahnentfernung dringend angeraten werden. (2,4)

2.2.4.2 Karies und Parodontitis

Die meist nur eingeschränkt durchführbare Mundhygiene teilretinierter Weisheitszähne kann sich außerdem in Form kariöser Läsionen bemerkbar machen. Gelegentlich werden diese dem Patienten erst sehr spät, bei bereits stark pulpitischen Zähnen, bewusst.

Durch mesial verkippte Zähne können sich zusätzlich Probleme für den benachbarten 2. Molaren ergeben. Die distale Fläche gilt als nur schwer adäquat zu reinigen. Entstehen darüber hinaus Nischen schlechter Putzbarkeit des distalen Interdentalraums, sind das Auftreten von Karies und Erkrankungen des Zahnhalteapparats vorprogrammiert. Tiefe parodontale Taschen im distalen Bereich des zweiten Molaren, bei ansonsten unauffälligem parodontologischen Befund sind daher keine Seltenheit. Röntgenologisch als auch klinisch lassen sich knöcherne Defizite gut diagnostizieren. Entfernt man den Weisheitszahn, füllt sich der entstandene Defekt wieder mit Knochengewebe. In der Regel kann durch diese Maßnahme ein normales gingivales Attachment hergestellt werden. (29)

2.2.4.3 Wurzelresorption

Nicht außer Acht zu lassen ist die Gefahr der Wurzelresorption des 2. Molaren, welche durch den im Knochen verkippten Weisheitszahn induziert werden kann. Ausschlaggebend dafür ist wiederum eine besonders enge Lagebeziehung der beiden Zähne zueinander. Als Ursache der Resorption wird jener enzymatische Prozess angenommen, der auch für das Auflösen der Wurzeln der Milchzähne verantwortlich gemacht wird. (29)

2.2.4.4 Tumoröse und zystische Läsionen

Die Region retinierter Weisheitszähne, ist nicht selten Schauplatz zystischer und tumoröser Veränderungen. Zumeist sind es follikuläre Zysten, die aus dem, den retinierten Zahn umgebenden, Zahnsäckchen entstehen. Weiters sollten keratozystisch odontogene Tumoren differentialdiagnostisch in Erwägung gezogen werden. Als tumoröse Läsion kommt differentialdiagnostisch auch das Ameloblastom in Frage. Allen pathologischen Prozessen rund um den retinierten Zahn gemein ist knochenverdrängendes bzw. -destruierendes Wachstum, wodurch es u.a. zu Frakturen im Kieferwinkel kommen kann. Ein frühzeitiges Eingreifen ist indiziert. Bei möglichen zystischen Veränderungen wird schon bei einer Erweiterung des Zahnsäckchens um nur 3mm die elektive Zahnentfernung empfohlen. (29)

2.2.4.5 Weitere Indikationen

Weitere Gründe, die für eine Entfernung des Weisheitszahnes sprechen können sind:

- Schmerzen des Gesichts- und Kieferbereichs unbekannter Ursache
- Retinierte Weisheitszähne, bei ansonsten zahnlosem Kiefer und prothetischer Versorgung
- Stark von den Norm abweichende Position des Weisheitszahnes im Kiefer
- Platzmangel im Kiefer
- Kieferorthopädische Behandlungen, deren Stabilität durch den Mesialdrift der Zähne in Gefahr gebracht werden könnte. Die Vermutung liegt nahe, dass dieser durch retinierte Weisheitszähne zusätzlich verstärkt werden könnte. Die Folge davon wäre das sogenannte „Crowding“ der Zähne, was sich besonders eindrücklich in der Unterkieferfront manifestiert. (29)

2.2.5 Kontraindikationen

Den eben besprochenen Indikationen zur operativen Entfernung eines retinierten Weisheitszahnes stehen Kontraindikationen gegenüber, die gegen die Durchführung der Zahnextraktion plädieren. So muss auf das vorliegende Verhältnis zwischen Risiko und Nutzen eines derartigen Eingriffes Rücksicht genommen werden. Parameter, die Einfluss auf das Verhältnis nehmen können, sodass eine Entscheidung gegen die Entfernung des Zahnes ausfällt, beschränken sich hauptsächlich auf den gesundheitlichen Allgemeinzustand des Patienten.(2,30) Ist dieser stark kompromittiert, muss temporär oder generell von einer Zahnextraktion abgesehen werden. Die Aussage ist vor allem für Probandinnen und Probanden fortgeschrittenen Alters zutreffend, da die Morbiditätsrate stark mit dem Alter der Patienten korreliert. Besonders Erkrankungen des kardiovaskulären und respiratorischen Systems können die Operationstauglichkeit beeinträchtigen. Außerdem spielen etwaige hereditär oder iatrogen verursachte Abweichungen der Gerinnungskaskade eine Rolle in der Evaluation der vorliegenden zahnärztlichen Situation. Weitere Aspekte, welche in Betracht gezogen werden müssen sind u.a. der im Alter veränderte Knochenstoffwechsel, welcher unweigerlich zu einer geringeren Flexibilität und Stabilität des Unterkiefers führt. Dies impliziert ein erhöhtes Frakturrisiko bei Entfernung des Weisheitszahnes. Die Wundheilung geht wesentlich langsamer vonstatten als noch in jüngeren Jahren, weswegen dem Eingriff eine verlängerte Rekonvaleszenzphase folgt. Unabhängig vom Alter des Patienten können Lageanomalien des Weisheitszahnes, die bei chirurgischem Eingreifen mit Sicherheit zu gravierenden

Schädigungen benachbarter Strukturen führen würden, ein konservatives, beobachtendes Vorgehen erwirken. (29)

2.2.6 Chirurgische Techniken

Verschiedenste chirurgische Techniken stehen für die Entfernung des unteren Weisheitszahnes zur Verfügung. Diese unterscheiden sich in mehreren Gesichtspunkten. Gleichwohl den angesprochenen Differenzen lassen sich Parallelitäten im Vorgehen der einzelnen Methoden festmachen. (29)

Eine der Parallelitäten bezieht sich auf die Notwendigkeit der ausreichend gewährleisteten Exposition des Operationsgebietes. Mithilfe einer adäquat gewählten mukogingivalen Schnittführung ist dieses Kriterium gut realisierbar.

Das Ausmaß der Osteotomie gilt es als nächstes zu klären. Der den Zahn umgebende Knochen muss folglich so weit entfernt werden, sodass entweder die Möglichkeit der Extraktion des Zahnes in toto, oder ausreichend Platz für eine unkomplizierte Zerteilung des Zahnes gegeben ist. Daraus folgt der Umkehrschluss, der als dritte Gemeinsamkeit im Vorgehen der einzelnen Verfahren zu sehen ist. So soll frühzeitig an die Option der Zahnzerteilung gedacht werden, um nicht überverhältnismäßig viel Knochen entfernen zu müssen. Fakt ist, dass durch die schonend durchgeführte knöcherne Präparation eine Verbesserung der postoperativen Heilungstendenz erreicht werden kann. (29) Darüber hinaus soll die Stabilität des Knochens im retromolaren Bereich durch ausgedehnte Osteotomien nicht unnötig in Mitleidenschaft gezogen werden.

Letztendlich kann sich auch ein zu geringes Maß der knöchernen Freilegung negativ auf den Verlauf der Weisheitszahnentfernung auswirken, da der Eingriff durch häufige Zerteilungen in die Länge gezogen wird. Im nächsten Operationsschritt steht die sorgfältige und vollständige Entfernung aller Zahnteile im Mittelpunkt. Diese ist mit den entsprechenden Instrumenten vorzunehmen. Anschließend erfolgt die Säuberung und Spülung der Knochenhöhle. Der Wundverschluss durch Readaptieren des Schleimhautlappens mithilfe chirurgischer Nahttechniken komplettiert den Eingriff. Dabei ist auf möglichst spannungsfreies Vernähen der Schleimhaut zu achten. (2)

2.2.6.1 Unterschiedliche Zugangswege

Als wichtigstes Unterscheidungskriterium ist jenes des Zugangsweges zu nennen.

Es besteht die Möglichkeit zwischen intraoralen Herangehensweisen und einem extraoralen Zugangsweg zu wählen. Im Laufe der klinischen Anwendung konnten sich insbesondere 2 intraorale Methoden etablieren. Bei einem der beiden intraoralen Verfahren wird der Zugang

von der bukkalen Seite her durchgeführt. Völlig konträr dazu zeigt sich der zweite Zugangsweg, der über den sublingualen Raum erfolgt. Der Vollständigkeit halber sei noch die extraorale Variante erwähnt, die über den submandibulären Raum vorgenommen werden kann. (39–41)

Charakteristisch für die bukkale Zugangsvariante ist die Präparation eines flächigen Mukoperiostlappens. Die retromolare Region imponiert besonders wangenseitig durch massive knöcherne Verstärkungen, weswegen hier, je nach Lage des Zahnes, eine umfangreiche Osteotomie nötig wird. Bei der sublingual durchgeführten Technik erfolgt die Schnittführung ausschließlich intrasulculär an der lingualen Seite der Prämolaren- und Molarenregion. Eine Besonderheit stellt das Lösen der knöchernen Insertionsstelle des M. mylohyoideus dar. Die Aufmerksamkeit gilt es während dem gesamten Vorgehen vor allem auf den Verlauf des N. lingualis zu richten. Vergleicht man das intraoperative Verletzungsrisiko des N. lingualis der bukkalen und der lingualen Zugangsvariante, so wird deutlich, dass dieses bei der lingualen Technik um das bis zu 4,1-fache höher ausfällt. (42)

2.2.6.2 Variationen der Schnittführung

Ergänzend zu den Zugangswegen sind es Variationen und Modifikationen der Schnittführung, anhand derer sich die einzelnen Methoden unterscheiden. Besonders hervorzuheben sind die im Rahmen der bukkalen Technik publizierten Schnittführungen. Dazu gehören u.a. Envelope-Flap, Trianguläre Lappenformen, sowie der sogenannte „Coma shaped“-flap.

Die „Envelope-Incision“ stellt die am häufigsten zum Einsatz kommende Variante dar. Diese setzt sich aus einem Zahnfleischrandschnitt bukkal der Unterkiefermolaren und einem distobukkalen Entlastungsschnitt zusammen. Die streng distobukkale Ausrichtung des Entlastungsschnittes ist vor allem für die Prävention von Verletzungen des N. lingualis von Bedeutung. Lässt sich das Operationsgebiet nicht ausreichend darstellen, kann eine zusätzliche vertikale Entlastung am Ausgangspunkt des Zahnfleischrandschnittes Abhilfe schaffen.(2)

2.2.6.2.1 Grazer Behandlungskonzept

Im Folgenden wird stichwortartig die operative Vorgehensweise der Abteilung für Zahnärztliche Chirurgie der Medizinischen Universität Graz erörtert.

Die bukkale Zugangsform gilt als die Methode der Wahl.

- Setzen der Leitungsanästhesie (N. alveolaris inf., N. lingualis) sowie Legen eines bukkalen Depots zur Anästhesie des N. buccalis.
- Schnittführung nach Vorbild des „Envelope- Flap“; Streng nach distobukkal ausgerichteter Entlastungsschnitt; Zahnfleischrandschnitt unter Berücksichtigung der Papillen-anatomie.
- Bukkal-seitige Präparation des Mukoperiostlappens mittels Raspatorium nach Freer
- vorsichtige Mobilisation des Lappens in Richtung lingual (Cave: N. lingualis). Diese soll möglichst subperiostal durchgeführt werden.
- Wangenseitiges Einsetzen eines Langenbeck-Haken unter Mitnahme des Mukoperiostlappens zur besseren Darstellung des Operationsgebietes.
- Um den N. lingualis vor der bevorstehenden Osteotomie zu schützen, wird ein Raspatorium lingual-seitig platziert.
- Osteotomie mit Rosenbohrern absteigender Größe. Währenddessen sollten unbedingt die folgenden Punkte beachtet werden, um knöcherne Komplikationen zu vermeiden: Arbeiten mit hoher Umdrehungszahl, geringe Druckanwendung, gut funktionierende Wasserkühlung.
- Zuerst erfolgt die Osteotomie bis zum Erreichen der maximalen Kronenzirkumferenz (großer Rosenbohrer). Zu diesem Zeitpunkt kann ein erster Luxationsversuch unternommen werden.
- Lässt sich der Zahn nicht entfernen, wird frühzeitig an das Absetzen der Krone gedacht. (Fissurenbohrer). Eine Trennung der einzelnen Wurzeln kann helfen, die restlichen Zahnteile zu mobilisieren. Weiters kann mithilfe kleinerer Rosenbohrer probiert werden entlang des Parodontalspaltes Platz zu schaffen.
- Luxation des Zahnes, Kontrolle auf Vollständigkeit der Zahnteile.
- Wundversorgung: Spülung mit NaCl, Säuberung der Alveole mit dem scharfen Löffel, Einbringen von Spongostan (Gelatineschwämmchen zur Stabilisierung des Blutkoagels), Wundverschluss mittels vertikalen Matratzennähten und Papillennähten.
- Postoperatives Management: Kryotherapie, analgetische/ antibiotische Therapie, Wund- und Sensibilitätskontrolle am ersten postoperativen Tag.(30)

2.2.7 Komplikationen

Die richtige Indikationsstellung bildet die Basis des chirurgischen Behandlungskonzepts. Doch erst durch das perfekte Ineinandergreifen von Planung, Operation und postoperativer Heilungsphase wird ein zufriedenstellendes Outcome ermöglicht. Selbst bei absolut lehrbuchartigem Vorgehen kann das Auftreten verschiedenster Komplikationen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Die präoperative Aufklärung des Patienten ist deshalb von größter Relevanz.

Es wird in intraoperativ bzw. postoperativ auftretende Komplikationen unterschieden.(43)

2.2.7.1 Postoperative Komplikationen

Folgende postoperative Komplikationen sind möglich: Vielfach kann es nach der operativen Entfernung eines retinierten Weisheitszahnes zu sogenannten Blutungskomplikationen kommen. Diese beinhalten Blutungen bzw. Nachblutungen unterschiedlicher Kausalität sowie unterschiedlichen zeitlichen Auftretens. Blutet es direkt im Anschluss an die Operation, so kann oft mangelnde Blutstillung als Ursache festgemacht werden. 2-6h nach Abschluss der OP kommt es zu einer reaktiven Hyperämie, die dem Wirkungsnachlass des Lokalanästhetikums zugeschrieben werden kann. Auch später in der postoperativen Phase sind Blutungskomplikationen noch möglich und zwar bei entzündlichem Zerfall des Blutkoagulums in der Knochenhöhle.

Das richtige Problemmanagement ist in jedem dieser Fälle gefragt, um ein rasches Stoppen der Blutung zu erwirken. Primär muss aber schon im Vorfeld an eine Operation unbedingt die Frage bestehender Antikoagulation bzw. bekannter Erkrankungen des Gerinnungssystems geklärt werden. Bei antikoagulierten Patienten wird daher je nach Medikament, Ausmaß der Gerinnungshemmung und Art des Eingriffs evaluiert, ob eine Operationstauglichkeit überhaupt gegeben ist.

Zu den postoperativen Komplikationen des Weichgewebes zählt ein breites Spektrum an Dingen. Die häufigste Form der Weichgewebekomplikation ist die Schwellung der Wundregion. Diese präsentiert sich vor allem in den ersten 3 postoperativen Tagen besonders ausgeprägt. Die Kryotherapie ist Mittel der Wahl, um die Schwellung schon im Entstehen einzudämmen. Differentialdiagnostisch ist an die Bildung eines Hämatoms zu denken.

Heikel wird die Situation bei einer Infektion des Wundgebietes, was sich zuallererst durch die Kardinalsymptome der Entzündung bemerkbar macht. Im ungünstigsten Fall entwickeln sich Abszesse und Phlegomen. Diese können sich, aufgrund anatomischer Gegebenheiten sogar bis

in Mediastinum ausbreiten. Daraus resultierende septische Zustandsbilder, erfordern sofortige intensivmedizinische Betreuung. Zur Reduktion von Wundinfektionen und ihren Folgen sind postoperative Kontrollen mit gründlicher Inspektion des Wundgebietes sowie eine perioperative antibiotische Abschirmung indiziert. (4)

Die Komplikationen knöcherner Gewebekomponenten komplettieren dieses Kapitel.

Ähnlich dem Weichgewebe, muss einer Infektion des Knochens die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Besonders schmerzhaft präsentiert sich die oberflächliche Entzündung des alveolären Knochens. Ätiologisch steht primär der Zerfall bzw. die Infektion des alveolären Blutkoagulums im Vordergrund, wobei in beiden Fällen eine Ausbreitung der Entzündung auf den umliegenden Knochen stattfindet. Charakteristisch für das Krankheitsbild ist das Einsetzen der Schmerzsymptomatik am 3.-4. postoperativen Tag, worauf auch der Name „Dolor post extractionem“ zurückzuführen ist. Trotz guter therapeutischer Möglichkeiten mittels Analgesie, antiseptischen Pasten und Spüllösungen, kann sich der Heilungsverlauf als langwierig herausstellen (10-14d). Viel seltener, jedoch erwähnt sei auch die Osteomyelitis, deren Auswirkungen als wesentlich gravierender einzustufen sind als jene der Alveolitis. In ihrer chronischen Verlaufsform verursacht sie Schmerzen, anhaltende Wundheilungs- und Sensibilitätsstörungen, sowie Knochenaufreibungen.

Scharfe Knochenkanten, welche im Rahmen chirurgischer, intraoperativer Manipulation an knöchernen Strukturen der retromolaren Region entstehen, können postoperativ Auslöser unangenehmer Weichteildefekte sein. Deswegen ist die intraoperative Kontrolle und Glättung etwaiger Knochenkanten notwendig. (4)

2.2.7.2 Intraoperative Komplikationen

Betrachtet man die Auflistung intraoperativ möglicher Komplikationen bei der Entfernung unterer Weisheitszähne, fällt auf, dass diese vor allem Verletzungen benachbarter Strukturen betreffen. Durch das Hantieren mit chirurgischen Instrumenten können sowohl das umliegende Weichgewebe (Ödem, Quetschung, Zerreissung), knöchernen Strukturen (Frakturen), Nachbarzähne, Zahnkeime als auch nervale Strukturen temporär oder permanent in Mitleidenschaft gezogen werden. Zusätzlich zu den bereits aufgezählten Komplikationen sind Kiefergelenksluxationen möglich. Als Komplikationen, die den zu entfernenden Zahn selbst betreffen, gelten Frakturen sowie Dislokationen. Je nach Ursache und Art der Komplikation gestaltet sich das Problemmanagement unterschiedlich. Allen gemeinsam sind die intensive postoperative Nachsorge und die adäquate analgetische Therapie. (4,6)

2.2.7.2.1 Nervenläsionen

Das Hauptaugenmerk der intraoperativen Komplikationen gilt den Verletzungen nervaler Strukturen. Aufgrund enger anatomischer Lagebeziehungen zwischen dem unteren Weisheitszahn und den, das Unterkiefer versorgenden Nerven, besteht erhöhtes intraoperatives Risiko für deren temporäre oder gar definitive Irritation. (3,4,6)

Als besonders gefährdet gilt der N. alveolaris inferior, dessen intraossär verlaufender Abschnitt in unmittelbarer Nähe zu Teilen des Weisheitszahnes zu finden ist. (3,44) Weiters sind Verletzungen des N. lingualis wahrscheinlich, da sich dieser durch einen sehr oberflächlichen Verlauf im linguale Bereich des Trigonum retromolare auszeichnet. Das Auftreten nervaler Verletzungen im Rahmen von Weisheitszahnentfernungen ist insgesamt selten, wobei die Inzidenzrate im Vergleich deutlich über jener anderer Operationsverfahren (z.B. Umstellungsosteotomien) der Region liegt. Prozentuale Angaben, die die Häufigkeit von iatrogen verursachten neurologischen Verletzungen betreffen, liegen für den N. alveolaris inferior zwischen 0,81- 22%, sowie zwischen 0,4% und 25% den N. lingualis. (6) Postoperative Sensibilitätsstörungen des N. alveolaris inferior manifestieren sich in 0,4%-8,4% (3,7-9).

In 1-4 % der Fälle sind die Sensibilitätsausfälle als bleibend einzustufen. (10) Als Risikofaktoren nervaler Schädigung gelten u.a. fortgeschrittenes Alter und abgeschlossenes Wurzelwachstum, vollständig bzw. tief impaktierte Weisheitszähne, die distoanguläre Ausrichtung des Zahnes, mangelnde Erfahrung vonseiten des behandelnden Chirurgen, sowie die nicht streng nach distobukkal gerichtete Entlastungsschnittführung. Weiters wurden radiologische Zeichen definiert, die mit einem erhöhten intraoperativen Verletzungsrisiko des N. alveolaris inferior in Verbindung gebracht werden konnten. (27)

Die Indikatoren beziehen sich auf röntgenologische Auffälligkeiten im Bereich der Zahnwurzeln und dem Mandibularkanal. Dazu zu zählen sind Verdunkelungen, Deflektionen, Einengungen und Aufzweigungen im Bereich der Wurzelspitzen sowie Einengungen, Ablenkungen und röntgenologische Unterbrechungen der Kontinuität, im Bereich des Mandibularkanals. Sind ein oder mehrere Indikatoren positiv, ist folglich von einer äußerst engen Relation zwischen N. alveolaris inferior und dem Weisheitszahn auszugehen.

2.3 Klassifikationen

Wie aus vorigem Kapitel hervorgeht, kann es im Zuge der Weisheitszahnentfernung zu einer Vielzahl an intra- und postoperativen Komplikationen kommen. Von beidseitigem Interesse ist die Minimierung der problembehafteten Eingriffe. Durch eine präoperativ exakt durchgeführte Operationsplanung kann eine Reduktion der Komplikationsrate erreicht werden. Potentielle Risikoquellen werden durch das richtige präoperative Assessment frühzeitig eruiert und können in der Folge umgangen werden. Die Beurteilung des zu erwartenden Schwierigkeitsgrades der Zahnentfernung wird dabei anhand eigens entworfener Klassifikationssysteme realisiert. Die Klassifikationssysteme setzen sich aus mehreren Parametern zusammen, welche sich in klinischer Anwendung als gute Prädiktoren etablieren konnten.

2.3.1 Lagebeziehung des Weisheitszahnes im Verhältnis zum aufsteigenden Unterkieferast

Ein häufig verwendetes Kriterium zur Beurteilung des Schwierigkeitsgrades der Weisheitszahnentfernung ist dessen Position im Verhältnis zum aufsteigenden Unterkieferast. (29) Das Prinzip des Parameters lässt sich anhand der folgenden Überlegung leicht veranschaulichen: Die Diskrepanz der benötigten Zahnreihenlänge im Vergleich zur tatsächlichen Länge des Unterkiefers, führt häufig zur Impaktion des Weisheitszahnes. Der den Zahnbogen nach distal begrenzende aufsteigende Unterkieferast, stellt dabei den limitierenden Faktor für den Durchbruch des Zahnes dar. Folglich überschneiden sich Anteile des Zahnes mit jenen des aufsteigenden Unterkieferastes. Wird eine Entfernung des Zahnes angedacht, muss diese Lagebeziehung unbedingt in der Planung des Eingriffes evaluiert und berücksichtigt werden. Denn je ausgeprägter die Diskrepanz und damit die Überlagerung der beiden Strukturen, desto schwieriger gestaltet sich in der Folge die Entfernung des Zahnes. Zurückzuführen ist die Aussage auf die schlechtere Zugänglichkeit des Zahnes, weswegen mehr knöcherne Substanz geopfert werden muss, um den Zahn zu entfernen. Daraus können eine verlängerte Heilungsphase sowie eine Schwächung des Unterkieferknochens resultieren.(29)

Pell & Gregory konnten eine Einteilung in 3 Schwierigkeitsstufen treffen, anhand derer eine Evaluierung der Situation möglich wird. Referenzstrukturen sind der Vorderrand des aufsteigenden Unterkieferastes sowie der mesiodistale Durchmesser des Weisheitszahnes. (45) Auch hier gilt der folgenden Grundsatz: Je mehr Anteile des Zahnes vom Ramus bedeckt werden, desto schwieriger. Die Schwierigkeitsstufen werden mit den Zahlen 1-3 beziffert,

wobei der Zahn der Klasse 1 am Leichtesten und jener der Klasse 3 am Schwierigsten zu entfernen ist. (29)

2.3.2 Lage des Weisheitszahn im Vergleich zur Okklusionsebene

Die Zugänglichkeit des Weisheitszahn, bei dessen operativer Entfernung, ist zu einem großen Teil für die zu erwartende Schwierigkeitsstufe verantwortlich. Dies gilt für den aufsteigenden Unterkieferast, wie auch für die Tiefe der Impaktierung gleichermaßen. Je tiefer die Impaktierung und je dicker folglich die den Zahn bedeckende Knochenschicht, desto traumatischer der Eingriff. (46) So wurde beispielsweise über ein erhöhtes postoperatives Risiko für Infektionen in Zusammenhang mit zunehmender Tiefe der Zahnretention berichtet.(46)

Gemessen wird die Relation des Zahnes zur Okklusionsebene bzw. zur Höhe der Zahnkrone des 2. Molaren. Die Einteilung erfolgt mittels dem ebenso durch Pell & Gregory ins Leben gerufenen Pendant der oben angeführten Klassen 1-3 in den Abstufungen A, B und C. (29)

2.3.3 Angulation

Ein weiterer wichtiger Parameter ist jener der Angulation.(47) Damit ist der Winkel der Längsachse des retinierten Weisheitszahn im Vergleich zur Längsachse des benachbarten 2. Molaren gemeint, welcher in der Sagittalebene beurteilt werden kann. (48)

In aktuelleren Studien wurde eine Modifizierung der bestehenden Klassifikation durchgeführt. Folglich wird die Okklusionsebene anstatt der Längsachse des 2. Molaren als Vermessungsgrundlage herangezogen, da dadurch eine leichter nachvollziehbare Einteilung ermöglicht wird. Betrachtet man ausschließlich die Ausrichtung des Zahnes und den damit zusammenhängenden Schwierigkeitsgrad, so lässt sich folgende Reihenfolge erörtern: Am leichtesten kann der Weisheitszahn in der Regel aus einer vertikalen Position entfernt werden. Ähnlich präsentiert sich der Schwierigkeitsgrad bei mesialer Ausrichtung, wobei je nach Tiefe der Impaktierung mehr knöcherne Substanz entfernt werden muss. Dies ist zugleich die am häufigsten auftretende Art der Impaktierung. Die Extraktion des nach distal ausgerichteten Zahnes, ist als schwieriger einzuschätzen. Seine Eruptionsbahn steht, aufgrund der pathologischen Ausgangslage, sehr häufig in Konflikt mit dem Verlauf des aufsteigenden Unterkieferastes. Zu guter Letzt sind horizontal und invertiert liegende Zähne zu nennen. (29)

Quelle: Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie,
Universitätsklinik für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde, Graz



Abbildung 7: Zahn 48, in mesio-angulärer Position, OPG eines Studienteilnehmers;

Die Klassifikationen nach Pell & Gregory, sowie die Winter's Klassifikation gehören zu den am häufigsten angewandten präoperativen Methoden zur Abschätzung der Kompliziertheit der Weisheitszahnentfernung. Diese beziehen sich allesamt auf die Positionierung des Zahnes im Unterkiefer. (2,45) Fraglich bleibt dennoch die Reliabilität der verwendeten Parameter, da den Messmethoden zu viel Interpretationsspielraum durch den Untersucher unterstellt wird.(49,50) Konträre Aussagen liefern Ergebnisse klinischer Studien, weswegen an der Anwendung der Klassifikationen festgehalten werden kann. (6)

Eine weitere Möglichkeit der Risikostratifizierung stellt der Pederson Index dar. (51) Dieser wurde in der von Bali et al. durchgeführten Meta-analyse für nicht ausreichend reliabel befunden. (52)

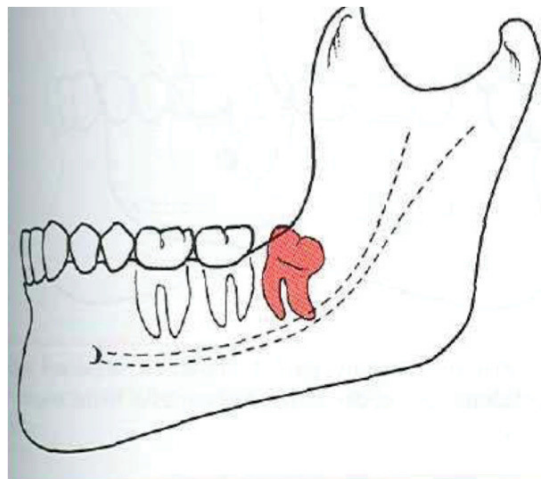


Abbildung 8: nach distal verkippter Weisheitszahn (2)

2.3.4 Wurzelmorphologie

Wie schon angesprochen, beziehen sich die bisher genannten Klassifikationen sich allesamt auf die Lage des Zahnes im Kiefer. Gänzlich außer Acht gelassen werden dabei morphologische Variabilitäten der Zahnwurzeln, welche als gute Prädiktoren des Schwierigkeitsgrades unbedingt berücksichtigt werden sollten. So ist es nicht verwunderlich, dass stark divergierende Wurzeln mit einer wesentlich höheren Schwierigkeitsstufe behaftet sind, als vergleichsweise konisch geformte Wurzeln. Überschreitet der Durchmesser der Wurzeln, jenen der Zahnkrone, kann von einem komplizierteren Eingriff ausgegangen werden. Hakenförmige Wurzelspitzen gehen außerdem mit einem erhöhten Frakturrisiko einher. Kurvaturen und Biegungen im Wurzelverlauf können ebenso erschwerenden Einfluss auf die Zahnentfernung nehmen. Durchlaufen die Wurzeln eines mesioangulär gekippten Zahnes, beispielsweise eine Biegung nach mesial, gestaltet sich die Entfernung in der Regel schwieriger, als bei distal gebogenen Wurzeln. (29)

Akadiri und Obiechina machen in ihrer Studie auf die Bedeutung der Zahnformvariabilität in Zusammenhang mit dem Schwierigkeitsgrad der Zahnentfernung aufmerksam. (47) Weiters wurden radiologische Zeichen definiert, welche mit einem erhöhten intraoperativen Verletzungsrisiko des N. alveolaris inferior in Verbindung gebracht werden konnten. (27)

Die Indikatoren beziehen sich auf röntgenologische Auffälligkeiten im Bereich der Zahnwurzeln und dem Mandibularkanal. Dazu zu zählen sind Verdunkelungen, Deflektionen, Einengungen und Aufzweigungen im Bereich der Wurzelspitzen sowie Einengungen, Ablenkungen und Unterbrechungen der Kontinuität, im Bereich des Mandibularkanals. Sind ein oder mehrere Indikatoren positiv, ist folglich von einer äußerst engen Relation zwischen N. alveolaris inferior und dem Weisheitszahn auszugehen. Die langjährige klinische Anwendung der Indikatoren zeigte eine starke Korrelation zwischen Verletzungen des Nervus alveolaris inferior und röntgenologisch engen Lagebeziehungen zwischen Nerv und Weisheitszahn. (53–55)

2.3.5 Ergänzende Beurteilungskriterien und Klassifikationen

Als zusätzlicher Parameter zur Beurteilung des Schwierigkeitsgrades gilt die Größe des Zahnsäckchens. Wird der den Zahn umgebende Raum, anstatt von Knochen durch weniger kompaktes Gewebe ausgefüllt, reduziert dies das Ausmaß der Osteotomie. Besonders bei

jüngeren Probanden ist das Zahnsäckchen in physiologischen Rahmen stark ausgeprägt, was sich erleichternd auf die Zahnentfernung auswirken kann.

Die Beschaffenheit des Knochens kann ebenso Einfluss auf die Schwierigkeit der Zahnentfernung nehmen. Als ungünstige Eigenschaften werden schlechtes Plastizitätsvermögen und ein dichter knöcherner Aufbau angesehen. Dies ist vor allem bei älteren Patienten zu erwarten. (29)

Zu guter Letzt spielt die Lage des Weisheitszahnes im Vergleich zum 2. Molaren eine Rolle. Als eher problematisch gelten enge Abstände der beiden Zähne. Interdentale Knochenlamellen kommen der Schonung des Nachbarzahnes entgegen. (29)

Aktuelle Klassifikationen stellen meist eine Kombination bzw. Variation der Parameter bereits bestehender Klassifikationen dar, wobei zunehmend dreidimensional zu beurteilende Faktoren miteinfließen. (6)

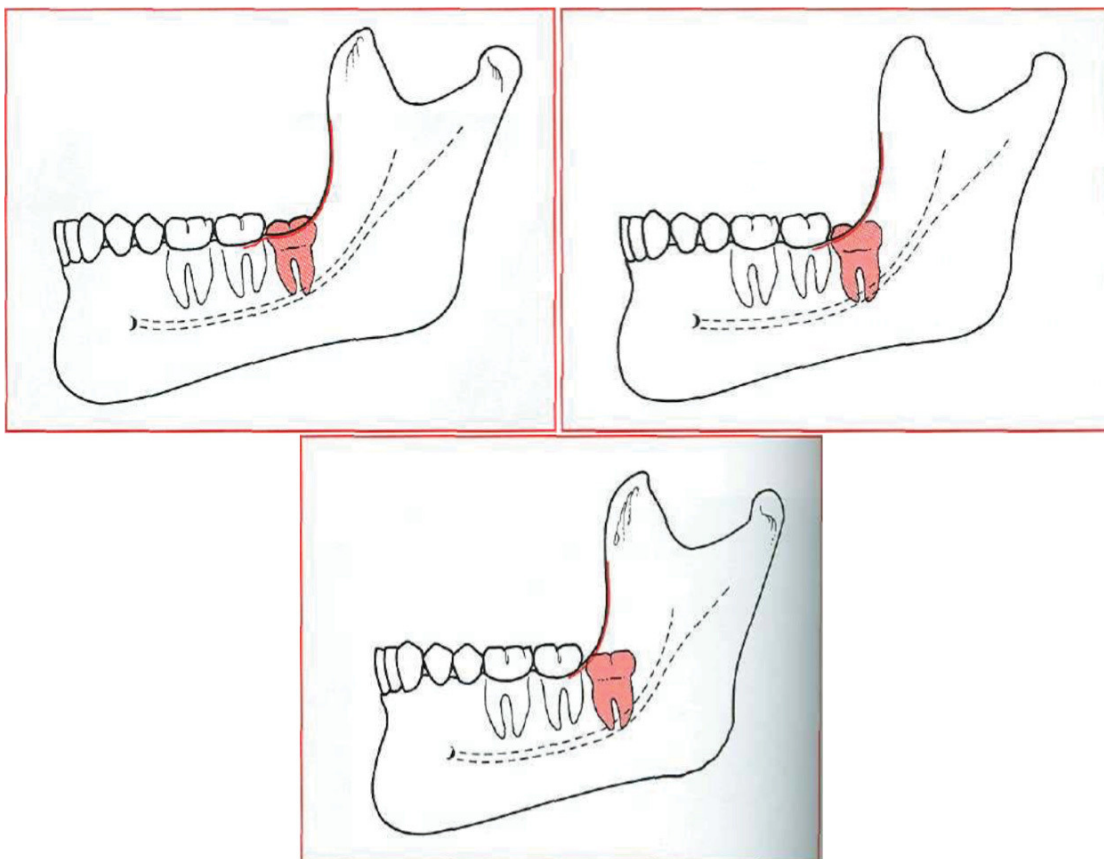


Abbildung 9: Pell and Gregory Classification, Class 1, 2 and 3 Impaction (2)

2.4 Radiologische Untersuchungsmethoden

Alle der genannten Klassifikationssysteme basieren auf radiologischer Bildgebung.

Im Rahmen der erstmaligen diagnostischen Auswertung wird es als sinnvoll erachtet 2-dimensionale Aufnahmeverfahren zu verwenden. Die Gründe dafür liegen in der relativ niedrigen Strahlenbelastung für den Patienten, sowie einer guten Verfügbarkeit der Aufnahmegeräte.

Standardmäßig wurde über weite Strecken ein Kleinbildröntgen mithilfe der Paralleltechnik angefertigt. Die Methode überzeugt vor allem durch wahrheitsgetreue Darstellung der Lagebeziehung zwischen knöchernen Strukturen und den Zähnen in der Sagittalebene. Als mögliche Nachteile können die Flexibilität des Röntgenfilms und die dadurch häufig eingeschränkte Bildqualität gesehen werden. (56) Auch die Umstellung auf die volldigitalisierte Bildgebungsvariante liefert nicht immer die gewünschten Ergebnisse. Zusätzlich zeigt das Kleinbildröntgen in der so wichtigen Beurteilung des Nervenverlaufs (N. alv. inf.) mehrere Schwächen. So beeinflusst beispielsweise die Angulation des Films im Vergleich zur Längsachse des Zahnes die „räumliche“ Darstellung. (6)

Ein besserer Überblick über die vorliegende Situation kann durch die Anfertigung eines Orthopantomogramms gewährleistet werden. Diese Tatsache spricht, neben der relativ niedrigen Strahlenbelastung, für die gute Anwendbarkeit im Zuge der präoperativen Basisdiagnostik (16-21 μ Sv). (57) Die Übersichtsaufnahme des Kiefers konnte sich folglich als Standardmethode der Basisdiagnostik etablieren. (44)

Das OPG überzeugt keinesfalls durch herausragende Aufnahmequalität, dennoch können die meisten, der in den Klassifikationen enthaltenen Parameter, mithilfe des Verfahrens, ausreichend beurteilt werden. Artefakte, Überlagerungen und Verzerrungen, durch die 2-dimensionale Darstellung der 3-dimensionalen Strukturen, sind keine Seltenheit und sollten bei der Beurteilung unbedingt berücksichtigt werden. (31) Trotz der genannten Einschränkungen erlaubt das OPG zumeist zuverlässige Diagnosestellungen.

Spürbare Probleme ergeben sich bei der Beurteilung struktureller Überlagerungen, da das Verfahren hier an seine Grenzen stößt. Besonders knifflig gestaltet sich die räumliche Einschätzung des Mandibularkanalverlaufs im Vergleich zum Weisheitszahn. Dieser Aspekt wird vor allem bei röntgenologisch sehr engen Lagebeziehungen augenscheinlich. (58,59) Spezifische Indikatoren werden bei radiologischer Überlagerung als Hilfsmittel zur Beurteilung der Lagebeziehung eingesetzt. (27) Eine positive Bewertung der Indikatoren impliziert ein erhöhtes intraoperatives Risiko einer Nervenläsion. Keine fundierte Aussage lässt sich trotz alledem hinsichtlich der bukkolingualen Lage des Nerven treffen. (44)

In unklaren Fällen empfiehlt sich daher die Darstellung des Operationsgebietes in mindestens einer zusätzlichen Ebene. Diese Anforderung wird durch die Zuhilfenahme diverser weiterführender, bildgebender Verfahren gewährleistet.

2.4.1 2-dimensionale, weiterführende Diagnostik

2.4.1.1 Stereographische Scanographie

Die folgende röntgenologische Technik nimmt eine Sonderstellung in der weiterführenden Diagnostik ein. Ihr Funktionsprinzip ähnelt jenem des Orthopantomogramms. Dabei kommt ein wesentlich schmalerer, gebündelter, Röntgenstrahl zur Anwendung. Dieser trifft auf einen sich um den Kopf des Patienten bewegendem Rezeptor. Bei der stereographischen Aufnahmetechnik wird zeitgleich ein zweiter gebündelter Röntgenstrahl anderer Angulation zu einem zugehörigen Rezeptor gesendet. Als Konsequenz erhält man 2 vergleichbare Bilder unterschiedlichen Aufnahmewinkels, welche die Beurteilung der Region in einer zusätzlichen Ebene erlauben. (60)

2.4.1.2 Fernröntgentechnik

Als bewährtes 2-dimensionales Verfahren gilt jenes der Fernröntgentechnik. Die durch die Aufnahme hervorgerufene Strahlenbelastung liegt sogar deutlich unter jener des OPGs. Die Anfertigung der Aufnahme kann anhand verschieden verlaufender Strahlengänge erfolgen. (61)

2.4.2 3-dimensionale Aufnahmeverfahren

Deutlich überlegen hinsichtlich der räumlichen Beurteilbarkeit zeigen sich sogenannte 3-dimensionale Schnittbildverfahren. Ausschlaggebend dafür sind das Prinzip der schichtweisen Abbildung einer anatomischen Region, sowie die Darstellung unterschiedlicher Untersuchungsebenen. (11) Dadurch eröffnet sich u.a. die Möglichkeit der überlagerungsfreien Betrachtung des Untersuchungsgebietes. Als Konsequenz können Strukturen und deren räumlicher Verlauf präziser dargestellt und evaluiert werden.

Unter Berücksichtigung der adäquaten Indikationsstellung, kann folglich der Prozentsatz fundierter Beantwortung diagnostischer Fragestellungen durch das Zurate-ziehen 3-dimensionaler Bildgebung verbessert werden. (62)

2.4.2.1 Anwendung 3-dimensionaler Diagnostik in der Zahnmedizin

Der Trend, vermehrt auf 3-dimensionale Diagnostik zurückzugreifen, lässt sich auch im Fachgebiet der Zahnmedizin bemerken.⁽¹¹⁾ Dies manifestiert sich besonders eindrücklich, betrachtet man die Entwicklungstendenz der zahnmedizinischen Bildgebung in den letzten Jahren und Jahrzehnten. Wurde anfänglich nur in Ausnahmefällen die Anwendung 3-dimensionaler Verfahren in Erwägung gezogen, so sind diese heute fest im zahnmedizinischen Diagnostikschema integriert. Vor allem sind es implantologische und oralchirurgische Eingriffe, die vom Einsatz 3-dimensionaler Diagnostik profitieren. (5,63,64)

Durch realitätsgetreue Darstellung anatomischer Gegebenheiten wird eine exaktere Eingriffsplanung möglich, was sich u.a. in einer Reduktion der intraoperativen Komplikationsrate äußert. (11)

Aus der Sicht der Kieferorthopäden erweist sich der Einsatz 3-dimensionaler Diagnostik im Zusammenhang mit kraniofazialen Fehlbildungen, Durchbruchstörungen und Anomalien der Zahnanzahl als nützlich. (65) Des Weiteren werden 3-dimensionale Untersuchungsmethoden bei fraglichen Pathologien und Funktionsstörungen im Bereich des Kiefergelenks eingesetzt. (16,66,67)

Unterschiedlichste radiologische Technologien aus der Gruppe der Tomographien kommen im Rahmen zahnmedizinischer Fragestellungen zur Anwendung. Festzuhalten bleibt, dass nicht jedes Verfahren in jeder Fragestellung gleichermaßen geeignet ist, da aufgrund der verschiedenen Aufnahmetechniken Gewebearten unterschiedlich gut oder schlecht dargestellt werden können. Besonders eindrücklich spiegeln sich die Unterschiede der Darstellung im Vergleich der auf Röntgenstrahlung basierenden CT und DVT mit der MRT wider. So zeigen Erstere im Allgemeinen Vorteile in der Abbildung knöcherner Komponenten während die MRT durch die Darstellung eines guten Weichteilkontrastes überzeugt.

Als fundamental hinsichtlich der diagnostischen Aussagekraft gilt die richtige Indikationsstellung für den Einsatz der 3-dimensionalen Diagnostik.

In Bezug auf die operative Weisheitszahnentfernung sind diese wie folgt definiert:

2.4.2.2 Indikationsstellungen der weiterführenden, bildgebenden Diagnostik im Rahmen der Weisheitszahnentfernung

Die Indikation für den Einsatz weiterführender, bildgebender Diagnostik wird gestellt, wenn die retromolare Anatomie anhand des OPGs nicht in zufriedenstellendem Maße dargestellt werden kann. (5)

Im Unterkiefer ist dies vor allem bei unzureichender Beurteilbarkeit des Nervenverlaufs zutreffend. Die abklärungswürdigen Lagebeziehungen zwischen Nervenkanal und dem Weisheitszahn werden im Folgenden zusammengefasst (11):

- Überlagerungen der Wurzelspitzen mit dem Nervenkanal
- Krümmungen der Apices in unmittelbarer Nähe des Nervenkanals,
- starke Verjüngung oder Teilung des Apex mit Projektion über dem Nervenkanal
- Verdrängung oder Einengung des Nervenkanals,
- Unterbrechung der kortikalen Begrenzung des Nervenkanals durch den Apex

2.4.2.3 Computertomographie und Digitale-Volumen-Tomographie

Besonders hervorzuheben sind, mitunter aufgrund der Häufigkeit ihrer Anwendung, die Aufnahmetechniken der Computertomographie sowie der Digitalen Volumen Tomographie.

Ihren Siegeszug in der weiterführenden zahnmedizinischen Diagnostik haben die Verfahren u.a. den außerordentlich zufriedenstellenden diagnostischen Ergebnissen zu verdanken.(12,13) Zudem überzeugen diese durch ein breit gefächertes Anwendungsgebiet, sowie einer relativ guten Verfügbarkeit der Aufnahmegeräte. (11) Beiden Aufnahmetechnologien liegen klassische röntgenologische Funktionsprinzipien zugrunde. Trotz der Strahlenanalogie lassen sich gravierende Abweichungen im Vergleich mit konventioneller Bildgebung erkennen. Allen voran differieren die 3-dimensionalen Untersuchungsmethoden in der Art der technischen Umsetzung, sowie der Dauer der Strahlenanwendung. Während bei der DVT mithilfe kegelförmiger Strahlenbündel 3-dimensionale Volumina untersucht werden, kommen bei der dentalen Computertomographie gefächerte Strahlenbündel zum Einsatz, die um den Patienten rotieren. Die abgegebene Röntgenstrahlung wird an einem Detektor registriert und in Form eines Datensatzes gespeichert. Dieser setzt sich aus sogenannten Schwächungswerten zusammen, auf deren Basis mithilfe der entsprechenden Software koronare, sagittale oder axiale Schnittbilder errechnet werden. Die erfassten Volumina der DVT werden ebenso computergestützter Bearbeitung unterzogen, und folglich als Schichtbilder dargestellt. Ergänzend zur Darstellung des Untersuchungsgebietes in axialen, koronaren, und sagittalen Schichten, sind weitere Darstellungsoptionen verfügbar. Erwähnenswert sind die Varianten der Panoramaschichttechnik, sowie jene der parasagittalen Darstellungsweise.

Wie vorhin angesprochen eignen sich die beiden Verfahren besonders zur Abbildung knöcherner Gewebekomponenten. Der Vorteil der Computertomographie liegt in der möglichen

Evaluierung der Knochenqualität. Darüber hinaus kann die CT auch zur Bewertung von Weichgewebe herangezogen werden. (68)

Gleich, wie beim OPG, bleibt die Tatsache, der diagnostisch akkumulierten Strahlenbelastung für den Patienten, wobei die durch DVT und CT verursachte Strahlenexposition in der Regel deutlich über jener, konventioneller Röntgendiagnostik anzusiedeln ist. Die Verteilung der Strahlendosis zwischen Panoramaröntgen, DVT und der CT propagieren Ludlow et. al. in einem Verhältnis von 1:10:100 . Uneinigkeit herrscht allerdings beim genauen Ausmaß der hervorgerufenen Expositions-dosis der einzelnen Methoden. (63,69) Auffallend ist vor allem die große Variabilität der Werte innerhalb eines Verfahrens. Die Schwankung der Daten erklärt sich größtenteils durch die Einflussnahme verschiedener Parameter auf die Strahlendosis. Als Faktoren besonderer Relevanz sind die Belichtungsdauer, die Voxelgröße, die Verwendung eines gepulsten Röntgenstrahls, die Röntgenstromstärke und die Röntgenstromspannung, sowie die Art des gewählten Volumens zu nennen. Verwunderlich sind Abweichungen der Strahlendosis, bei Verwendung gleicher parametrischer Einstellungen an unterschiedlichen Geräten. Eine Reduktion der Strahlenbelastung im Rahmen computertomographischer Untersuchungen kann durch den Einsatz sogenannter Low-Dose Verfahren erreicht werden. Dies impliziert jedoch gleichzeitig eine Abnahme der Bildqualität. (63,70)

Die Gründe für das Bestreben nach Reduzierung der medizinisch akkumulierten Strahlungsexposition, liegen in einer erhöhten Inzidenz strahlenassoziierter Malignome.

Untersuchungen zufolge steht deren Inzidenzrate in Zusammenhang mit dem Ausmaß und Häufigkeit der Strahlenexposition. (15)

Daher sollte vor Anordnung des entsprechenden Verfahrens die Sinnhaftigkeit und Notwendigkeit der Untersuchung unbedingt hinterfragt werden, um Patienten keinen unnötigen Strahlenbelastungen auszusetzen. Vor allem bei jungen Probanden sind mögliche Alternativmethoden auszuloten, da Kinder und Jugendliche als wesentlich sensitiver bezogen auf strahlenassoziierte Krebserkrankungen einzustufen sind. (14)

2.4.2.4 Die Magnetresonanztomographie

Als alternative 3-dimensionale Bildgebungsmethode, welche gänzlich auf die Verwendung von Röntgenstrahlung verzichtet, steht der Zahnmedizin die Magnetresonanztomographie zur Verfügung. Das Verfahren ist seit gut 30 Jahren für den klinischen Betrieb zugelassen und in vielen medizinischen Sparten nicht mehr aus dem Alltag wegzudenken. (16,71) Von den ersten klinischen Gehversuchen bis zu den heute in Verwendung stehenden Geräten hat die MRT eine

enorme technische Weiterentwicklung durchgemacht. So konnte u.a. eine stark verbesserte Bildqualität bei gleichzeitiger Verkürzung der Untersuchungsdauer erreicht werden. Die Ausweitung des Anwendungsspektrums ist die logische Konsequenz, da das Verfahren immer öfter zufriedenstellende Ergebnisse liefern kann.

Im Rahmen der zahnmedizinischen Diagnostik nimmt die MRT allerdings bis heute eine Randstellung ein. Dies wird auch beim Durchforsten diverser medizinischer Datenbanken augenscheinlich. Nur wenige Publikationen beschäftigen sich mit der Anwendung der Kernspintomographie in der Zahnmedizin. Dabei wäre ein routinemäßiger Einsatz des Verfahrens, bei Betrachtung der technischen Neuerungen der letzten Jahre, prinzipiell durchaus denkbar.

Als besondere diagnostische Eigenschaft der MRT ist die Abbildung von Flüssigkeitseinlagerungen und ödematösen Veränderungen zu nennen. Es ist nicht schwer vorstellbar, dass daraus medizinischer Nutzen gezogen werden könnte. (16,72)

Die Hauptindikation für die Anwendung der MRT im Rahmen dentaler Fragestellungen ist bisher die Kiefergelenksdiagnostik. (73) Die Gründe dafür liegen u.a. an der guten Weichgewebstdarstellung des Verfahrens. Dies erlaubt die exakte Beurteilung muskulärer und bindegewebiger Komponenten, wodurch Aufschluss über diverse Gelenkspathologien gewonnen werden kann. Zusätzlich wird die MRT zur Bildgebung von nasopharyngealen Tumoren sowie mandibulären und maxillären Knochentumoren genutzt. (16)

Was in der Zahnmedizin, bezogen auf eine breitgefächerte Anwendung der MRT, noch als Zukunftsmusik abgetan werden muss, ist in vielen anderen medizinischen Bereichen schon seit Jahren Realität. Das Verfahren gilt als weiträumig etabliert und wird in vielen Fragestellungen sogar als Mittel der Wahl angesehen. Besonders große Bedeutung wird der MRT bei der Untersuchung von Gehirn- und Rückenmarkspathologien, der Wirbelsäulen- und Gelenksdiagnostik sowie vaskulären und kardialen Fragestellungen beigemessen. Darüber hinaus wird die MRT zur Bildgebung innerer Organe eingesetzt. Als weiterführende diagnostische Maßnahme kann das Verfahren bei fraglichen Pathologien der weiblichen Brust zurate gezogen werden. (16)

2.4.2.4.1 Die Geschichte der MRT

Die Entwicklung der Magnetresonanztomographie gilt als eine der großen Erfolgsgeschichten der modernen Medizin. Der Weg von ersten experimentellen Versuchen zu der heute in Verwendung stehenden ausgeklügelten Bildgebungstechnik war allerdings kein leichter. Viele

Wissenschaftler und Forscher probierten sich im Laufe des vorigen Jahrhunderts an der Weiterentwicklung der MRT. Der Grundstein des Aufnahmeverfahrens wurde im Jahr 1946 mit den ersten Publikationen gelegt. Anfang der 1970iger Jahre gelangen, nach Jahrzehnten der Forschungsarbeit, wichtige Fortschritte im Entwicklungsprozess der Technik: Bei der Untersuchung kanzeröser und gesunder Gewebeproben von Ratten, konnten eindeutige Unterschiede in der Relaxationszeit der Gewebe ausfindig gemacht werden. Dies führte zu der Annahme, dass das Verfahren zur zuverlässigen Diagnostik von Krebszellen geeignet wäre. Ein Patent wurde verabschiedet, in dem erstmals mit dem Gedanken der Anwendung der Methode auf den menschlichen Körper gespielt wurde. Was fehlte, war allerdings die nötige Technik zur Umsetzung der Idee.

Ein zusätzliches Problem der unter der Bezeichnung „NMR“ (nuclear magnetic resonance) laufenden Methode stellte die 1-dimensionalität der Signale dar. So wurden diese zwar erkannt, doch konnte man sie keinem genauen Ursprungsort innerhalb einer Gewebeprobe zuordnen. Der Lösung näher kamen Mansfield und Lauterbur im Jahr 1973 mit ihrer Arbeit zur räumlichen Lokalisation von NMR- Signalen und der Rekonstruktion 2-dimensionaler Aufnahmen. Mit dem Miteinbeziehen der Fourier-Transformation in die technischen Überlegungen, konnte 1975 die erste praktische Methode publiziert werden. 1977 wurde die MRT erstmals in vivo an einem Menschen getestet. Wenig später war die Anfertigung sagittaler und koronarer Aufnahmen des menschlichen Kopfes erfolgreich. Die ersten Gehversuche im klinischen Alltag entpuppten sich nach anfänglich vielsprechenden Ergebnissen dennoch als weniger zufriedenstellend. Dies war vor allem der äußerst langwierigen Aufnahmedauer zuzuschreiben. Versuche, die Untersuchungsdauer zu verkürzen, scheiterten an der stark verminderten Bildqualität.

Erst der Einsatz der MRT in kardialen Fragestellungen und der damit verbundene technische Fortschritt trieben die Optimierung des Verfahrens voran, sodass die damaligen Problematiken weitgehend beseitigt werden konnten. Mit der Modernisierung der technischen Geräte und der verwendeten Software konnte u.a. die Untersuchungsdauer um ein Wesentliches reduziert werden. (71)

2.4.2.4.2 Technische Grundlagen der MRT/Kernspintomographie

Das Funktionsprinzip der Kernspintomographie basiert auf magnetischen Polarisierungsprozessen von Wasserstoffatomen im menschlichen Körper.

Um diese im Detail verstehen zu können ist es nötig zuerst den Aufbau des Wasserstoffatoms zu betrachten.

Als Kern des Atoms fungiert ein einzelnes Proton, welches über eine positive elektrische Ladung verfügt. In der Hülle findet sich ein negativ geladenes Elektron, sozusagen als elektrischer Gegenspieler des Protons. Dieses bewegt sich kreisförmig um den Atomkern. Die Folge der gegensätzlichen elektrischen Ladungen der beiden Teilchen ist ein elektrisch neutral-geladenes Atom. Wie der Name des Verfahrens verrät, spielt vor allem der Kern (das Proton) des Atoms bei der Signalerzeugung eine Rolle. Daher wird diesem nun besondere Aufmerksamkeit gewidmet: Zusätzlich zur positiven elektrischen Ladung wird das Proton durch folgende Eigenschaft charakterisiert: dem sogenannten Kernspin.

Der Terminus beschreibt einen Drall bzw. eine Rotation des Elementarteilchens um sich selbst. Am Ehesten lässt sich die durchgeführte Rotationsbewegung des Protons mit der Bewegung eines Kreisels vergleichen. Ausschlaggebend dafür ist folgende Gemeinsamkeit: die räumliche Ausrichtung der Rotationsachse bleibt jeweils konstant. Im Fall des Protons wird ein Drehimpuls durch eine rotierende Masse m verursacht. Dieser ist für die Achsenkonstanz verantwortlich zu machen. Die Rotationsbewegung betrifft auch die elektrische Ladung des Protons, was zur Bildung eines *magnetischen Moments* B führt. Die Konsequenz sind magnetische Grundeigenschaften der Wasserstoffatome. Es gilt festzuhalten, dass die Eigenrotation der Protonen selbst nicht messbar ist, sondern nur die Ausrichtung der Rotationsachse, um die sie kreisen. Aufgrund dieser Tatsache hat sich im Laufe der Zeit der Begriff „Spin“ als Synonym für die Rotationsachse eingebürgert. Lageänderungen der Rotationsachse werden daher als Spin-bewegungen beschrieben. (16,74)

Werden die Wasserstoffatome nun einem magnetischen Feld ausgesetzt, so reagieren sie wie Einzelmagnete. Die Rotationsachsen der Atome gleichen dabei Kompassnadeln, die sich synchron entlang der magnetischen Feldlinien ausrichten.

Zu Beginn der Polarisierung führen die Achsen (=Spins) eine Ausweichbewegung durch, um damit der durch das Magnetfeld ausgeübten Kraft entgegen zu wirken. Diese Ausweichbewegung wird als Präzessionsbewegung bezeichnet.

Die Präzessionsbewegung erfolgt mit einer typischen Frequenz, der sogenannten *Lamorfrequenz*. Sie ist durch strenge Proportionalität zur Stärke des Magnetfeldes

gekennzeichnet. Erst durch die Abgabe von Energie kommt es nach und nach zur parallelen Ausrichtung der Spins im Magnetfeld. Im parallelisierten Zustand addieren sich die Vektoren der Einzelmagnete, wodurch eine *Längsmagnetisierung* ermöglicht wird. Erst durch diesen Vorgang wird die Messung des MRT-Signals gewährleistet.

Treffen nun elektromagnetische Wellen mit der Larmofrequenz auf die im Magnetfeld synchron ausgerichteten Spins kommt es zur Störung des zuvor stabilen Spin-systems. Dieser Prozess wird als „Anregung“ des Systems verstanden. Dabei wird Energie der Radiowellen auf die Spins übertragen. Dies induziert eine Achsenabweichung der Längsmagnetisierung um 90° . Die um 90° - gekippte Längsmagnetisierung wird als *transversale Magnetisierung* bezeichnet. Die Bewegungen der transversalen Längsmagnetisierung werden an einer Empfangsspule in Form des MR-Signals registriert. Durch technische Finesse können diese Signale zur Bildgenerierung herangezogen werden. (74)

Nach einiger Zeit ebbt die transversale Magnetisierung ab und das Spin-System kehrt in den Zustand, vor der Anregung durch elektromagnetische Wellen, zurück. Dies bedeutet gleichzeitig eine Abnahme des MR-Signals. Verantwortlich dafür sind die Spin-Gitter-Wechselwirkung und die Spin-Spin-Wechselwirkung. Erstere trägt den Namen T1-, Zweitere den Namen T2-Relaxation.

T1: Longitudinale Relaxation

Wie erwähnt, geht mit der Zeit die transversale Magnetisierung verloren, wobei sich gleichzeitig der Magnetisierungsvektor des Ausgangszustandes wiederherstellt (Längsmagnetisierung). Dieser Vorgang wird longitudinale Relaxation genannt. Bei der Aufrichtung des Vektors wird Energie an die Umgebung abgegeben. Die zeitliche Konstante, die diesen Prozess beschreibt wird T1 genannt. Sie korreliert mit der Stärke des Magnetfeldes, sowie der inneren Bewegung der Moleküle. Bei 1,5 Tesla und menschlichem Gewebe ist von einer Relaxationszeit von 0,5 bis mehreren Sekunden auszugehen.

T2: Transversale Relaxation

Das Prinzip der transversalen Relaxation beruht auf der sogenannten „Dephasierung“ der Spins in der transversalen Magnetisierung. Damit ist das Auftreten asynchronen Spin-verhaltens gemeint, wodurch die transversale Magnetisierung allmählich verloren geht.

Die Spins zählen als kleine Einzelmagnete und üben permanent Einfluss aufeinander aus. Zwischen den Spins findet demnach ein ständiger Energieaustausch statt. Bewegt sich ein Spin, führt ein benachbarter Spin automatisch eine Präzessionsbewegung durch. Zu beachten ist, dass

mit der Auslenkung der einzelnen Spins, auch die gesamte Magnetfeldstärke beeinflusst wird. Dies führt zur Abschwächung des MR-Signals. Umgekehrt korreliert die Präzessionsfrequenz der Spins, wie wir wissen, mit der Stärke des Magnetfeldes. Im Rahmen dieses Prozesses kann es anstelle der Summierung zum gegenseitigen Auslöschen der magnetischen Einzelvektoren kommen. Dies ist bei der transversalen Relaxation der Fall.

Zu beachten ist, dass die Spin-Spin Wechselwirkung unabhängig von der Stärke des Magnetfeldes zu tragen kommt.

Im Gegensatz zur T1-Relaxation wird während der transversalen Relaxation keine Energie frei. (74)

MRT-Bildkontrast

Hinsichtlich optischer Differenzierungsmöglichkeiten von Gewebearten ist die MRT anderen 3-dimensionalen Verfahren überlegen. Dafür ist der ausgezeichnete Gewebe-zu-Gewebekontrast der MRT verantwortlich zu machen.

Das Prinzip der Kontrastgebung beruht auf der Betonung spezifischer Gewebemerkmale im Rahmen der Bildgebungssequenz. Je nachdem welches der Merkmale hervorgehoben wird, entstehen Bilder unterschiedlicher Kontrastierung.

Der Bildkontrast der MRT basiert u.a. auf den beschriebenen Prozessen der T1- und T2-Relaxation. Der entscheidende Faktor ist die zeitliche Komponente T. (74)

T1-Zeit

Die T1- Zeit beschreibt die Dauer der Regenerationsphase des Spinsystems. Damit ist jene Zeitspanne gemeint, die das Spinsystem benötigt, um vom angeregten Zustand in den Ausgangszustand zurückzukehren und auf eine neuerliche Anregung zu reagieren. Die Auswirkungen der T1-Zeit auf den Bildkontrast können durch die Repetitionszeit (siehe unten) beeinflusst werden. (74)

T2-Zeit

Sie kennzeichnet die Dauer der „Dephasierung“ des Spinsystems, die zum Abebben des MR-Signals führt. Die Auswirkungen auf die Kontrastierung lassen sich ebenfalls steuern.

Betont man die T1-Zeit, ist von einer T1-gewichteten Sequenz die Rede. Gleiches passiert bei Fokussierung auf die T2-Zeit, die folglich als T2-gewichtete Sequenz beschrieben wird. (74)

Protonendichte

Als dritter Parameter, der den Bildkontrast beeinflusst, ist die Protonendichte zu nennen. Diese beschreibt die Anzahl anregbarer Spins pro Volumeneinheit. Die Protonendichte bestimmt das Signalmaximum eines Gewebes. Die Bedeutung der Protonendichte kann im Rahmen der Kontrastgebung hervorgehoben werden, indem probiert wird den Einfluss der T1 und T2-Zeit zu minimieren. (74)

Repetitionszeit und T1- Gewichtung

Für die Anfertigung eines MR-Bildes ist es von Nöten die abzubildende Schicht mehrmals anzuregen und die entstehenden MR-Signale an der Empfangsspule zu messen.

Der zeitliche Abstand zwischen 2 Anregungen der gleichen Schicht, wird als Repetitionszeit (time repetition, TR) bezeichnet. Die verschiedenen Gewebearten differieren teils massiv in der Dauer des T1-Intervalls, was zur besseren Kontrastgebung genutzt werden kann. Folglich wird der T1-Kontrast über die Länge der Repetitionszeit gesteuert.

- Je größer das Zeitintervall zwischen 2 Anregungen gewählt wird, desto mehr Zeit bleibt den Spins sich aus der transversalen Magnetisierung in die longitudinale Längsmagnetisierung zu bewegen und sich dort zu organisieren. Bei der nächsten Anregung steht ein Großteil der Spins regeneriert und steht für die Kippung in die Transversale zur Verfügung. Die Folge ist ein stärkeres MR-Signal. Um die Bedeutung der T1-Gewichtung für den Bildkontrast zu minimieren, wählt man die Strategie der langen Repetitionszeit.
- Umgekehrtes gilt, bei kurz gehaltener Repetitionszeit. Nur Gewebe mit einem kurzen T1-Zeitintervall reagiert nun auf die elektromagnetische Anregung. Spins mit einer längeren Regenerationsphase liegen noch in relaxiertem Zustand vor und sind somit für eine Anregung nicht empfänglich. Dies führt zur Betonung der Gewebearten mit kurzem T1-Intervall. Diese erscheinen in der T1-gewichteten Messesequenz als hell, da sie aufgrund des regenerierten Spin-Zustandes zur Bildung eines stärkeren MR-Signals beitragen. Gewebe mit langer T1 erscheinen dunkel.

Folgende Gewebearten erscheinen in der T1 Gewichtung als **dunkel**:

- Wasser und Liquor
- Ebenso pathologische Prozesse wie Tumor und Entzündung
- Muskel
- Bindegewebe
- Fibröser Knorpel
- Kompakta des Knochens

Quelle: Universitätsklinik für Radiologie, Graz

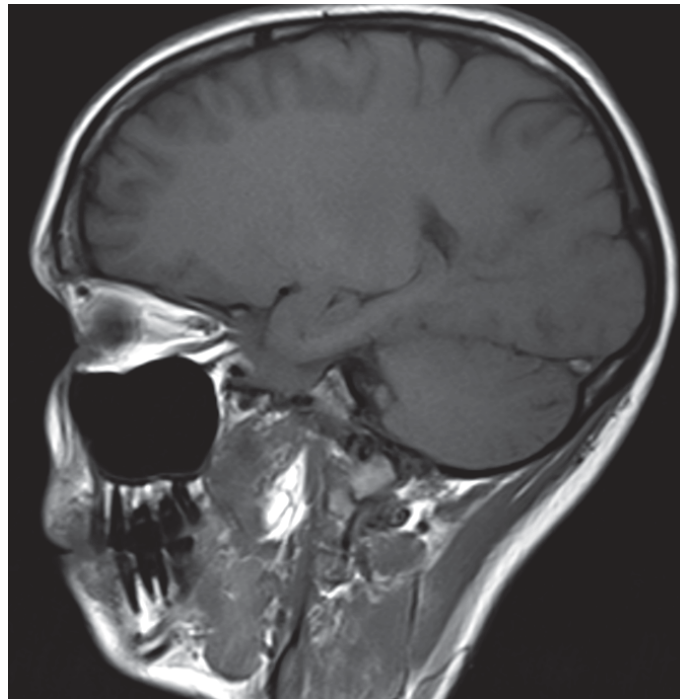


Abbildung 10: MRT, T1-Gewichtung

Folgende Gewebearten werden in der T1 Gewichtung **hell** abgebildet:

- Fett
- Hyaliner Knorpel
- Hämatome im subakuten Zustand

⇒ Die T1-Gewichtung zeichnet sich durch die gute Abbildung anatomischer Strukturen aus.

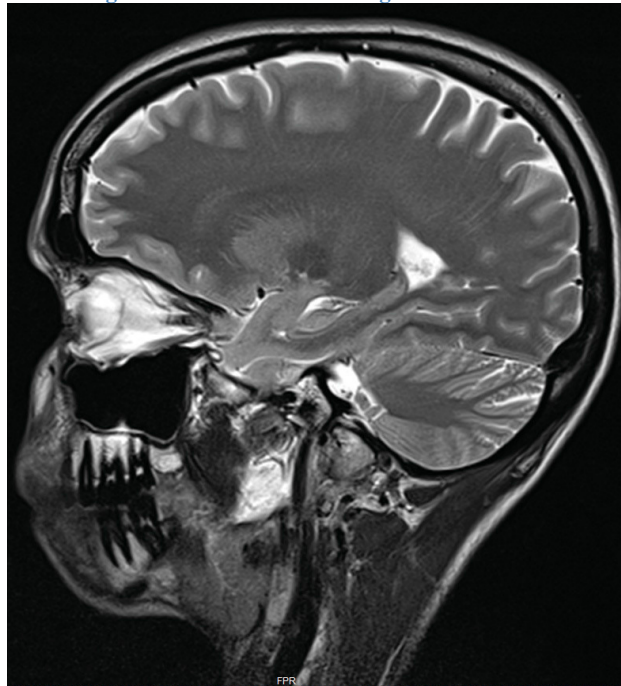
Echozeit und T2-Gewichtung

Als Echozeit wird jenes Zeitintervall bezeichnet, das man von der Anregung der Spins bis zur Messung des MR-Signals vergehen lässt. Über die Steuerung der Echozeit kann der Einfluss der T2-Gewichtung hervorgehoben bzw. unterdrückt werden.

Eine kurz gewählte Echozeit übt wenig Einfluss auf die Bildgebung aus, da die T2-Relaxation noch nicht richtig eingesetzt hat. Als Konsequenz können keine Unterschiede des T2-Verhaltens festgemacht werden.

Eine längere Echozeit führt dazu, dass Gewebe mit einer kurzen T2- Relaxationsdauer nicht mehr oder nur mehr schwach zur Erzeugung des MR-signals beitragen. Daher werden diese Gewebearten dunkel abgebildet. Gewebe mit längerer T2 erzeugen ein starkes MR-Signal und erscheinen hell. (74)

Abbildung 11: MRT- T2-Gewichtung



Quelle: Universitätsklinik für Radiologie, Graz

Helle Darstellung in T2:

- Fett
- Wässrige Flüssigkeit
- Tumor und Entzündung
- Hämatom (subakut)
- Hyaliner Knorpel

Dunkle Darstellung in T2:

- Muskel
- Bindegewebe
- Hämatom (akut)
- Kompakta des Knochens
- Fibröser Knorpel

⇒ Die T2 –Gewichtung eignet sich besonders zur Darstellung pathologischer Prozesse.

Besonderheiten:

- Das Gehirn wird grau in T1 und T2 grau dargestellt
- Luft erzeugt kein Signal
- Durch die Gabe von Kontrastmittel werden Gefäße in T1 hell dargestellt.
- Gefäße erscheinen in T2 durch schnell fließendes Blut dunkel (kein Signal)

Um die Protonendichte zu betonen müssen T1- und T2-Gewichtung unterdrückt werden. Dies geschieht mithilfe einer langen Repetitionszeit und bzw. einer kurzen Echozeit. (74)

2.4.2.4.3 Kontraindikationen

Konträr zum Rest der 3-dimensionalen Bildgebungsverfahren wird der Patient im Zuge einer MRT-Untersuchung keiner ionisierenden Strahlung ausgesetzt. Gesundheitliche Risiken, welche von der diagnostisch induzierten Strahlenakkumulation ausgehen können, sind für die MRT daher nicht relevant. Auch abseits des strahlenbiologischen Blickwinkels kann das Verfahren aus heutiger Sicht in keinerlei Zusammenhang mit negativen gesundheitlichen Auswirkungen gebracht werden. Trotz alledem existieren Risikofaktoren und Kontraindikationen für den Einsatz der MRT. Zu unterscheiden sind absolute und relative Kontraindikationen. Beide Kategorien gilt es vorab anamnestisch abzufragen, um die mit ihnen korrelierenden Komplikationen so gut als möglich auszuschließen. Ein positives Risikoprofil im Bereich der absoluten Kontraindikationen ist gleichbedeutend mit der Nicht-Durchführbarkeit der Untersuchung. In der Gruppe der relativen Kontraindikationen kann mithilfe des Nutzen-Risiko-Prinzips eine Entscheidung über die Anwendung der MRT-Untersuchung gefällt werden. (74) Im Allgemeinen beziehen sich die absoluten Kontraindikationen weniger auf die physiologische Konstellation des Patienten, als vielmehr auf medizinisch indizierte, intrakorporale, metallische oder elektronische Implantate. Diese stehen in teils massiver Wechselwirkung mit den während der MRT-Untersuchung auftretenden magnetischen Kräften. Lebensgefährliche, ferromagnetische Phänomene metallischer Implantate, starke Bildartefakte, sowie irreparable Störeinflüsse des Magnetfeldes auf elektronische Apparaturen sind die möglichen Folgen.

Zahnimplantate nehmen eine Sonderstellung im Bereich metallischer Implantate ein und werden deswegen der Kategorie der relativen Kontraindikationen zugeordnet. Aufgrund des

Prinzip der Osseointegration besteht eine solide Verankerung im Kieferknochen, welche durch die auftretenden magnetischen Spannungen nicht in Mitleidenschaft gezogen wird.

Ähnlich stellt sich die Thematik festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen dar. So ist weder von einer Lockerung noch Überhitzung der verwendeten metallischen Legierungen auszugehen. Als problematisch gelten allerdings die von Zahnspangen ausgehenden Bildartefakte, die eine Evaluierung der MRT-Bilder schier unmöglich machen können. Vielversprechend in dieser Hinsicht präsentiert sich die bevorstehende Introdution neuer MRT-Techniken, mithilfe derer die Artefaktbildung in den Griff bekommen werden soll. (75) Verallgemeinerungen bezüglich der völligen Unbedenklichkeit der MRT-Untersuchung bei Zahnimplantaten und Zahnspangen lassen sich dennoch nur schwer treffen, weswegen mitunter die Indikation für den Einsatz der MRT in diesem Zusammenhang nach wie vor eher zurückhaltend gestellt wird. Geht es nach Angaben der Hersteller moderner elektronischer Medizinprodukte, wie etwa Herzschrittmachern, ist auch hier ein restriktives Vorgehen heute nicht mehr nötig, da eine MRT-Tauglichkeit der implantierten Geräte gegeben sein sollte. Nichtsdestotrotz wird aus Sicherheitsgründen an bestehenden Empfehlungen festgehalten. Intrakorporale Fremdkörper, bei denen eine metallische Komponente nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, stehen auf der Liste der absoluten Kontraindikationen.

Im Folgenden werden die wichtigsten **absoluten Kontraindikationen** tabellarisch zusammengefasst (16,74):

- Intrakorporale Fremdkörper
- Intrakorporale Metallsplinter
- Herzschrittmacher, Defibrillatoren, Cochlea-Implantate, Insulinpumpen und Schmerzmittelpumpen
- Aneurysmaclips
- Metallische Implantate (aufgrund der ferromagnetischen Wirkung)

Zu den **relativen Kontraindikationen** gehören(16,74):

- Schwangere in den ersten 3 Schwangerschaftsmonaten. Danach gilt der Einsatz der MRT in der Schwangerschaft als unbedenklich.
- Tätowierungen (Cave bei metallischen Farbanteilen), Piercings und Ohringe
- Zahnimplantate, festsitzende kieferorthopädische Apparaturen und Retainer.
- Patienten mit starker Platzangst

2.4.2.4.4 Kosten und Einbau der Magnetresonanztomographie

Die Anschaffungskosten eines Kernspintomographen belaufen sich auf rund 1 Million Euro. Moderne 3.0-Tesla Geräte, die im Rahmen dentaler Diagnostik zur Anwendung kommen übersteigen diese Summe allerdings bei weitem.⁽¹⁶⁾ Zusätzlich zu den genannten Ausgaben ist beim Einbau des MR-tomographen mit weiteren Kosten zu rechnen. Diese sind mitunter durch die Umsetzung strenger baulicher Auflagen bedingt. Die baulichen Reglementierungen sind von Nöten, um die ausreichende Abschirmung der auftretenden starken magnetischen Kräfte zu garantieren. Umgekehrt können äußere Störquellen Einfluss auf die Bildqualität der MR-Untersuchung nehmen, was es natürlich ebenfalls zu vermeiden gilt (vorbeifahrende Züge, Autobusse etc.).

Zu berücksichtigen ist, dass die Installation eines Kernspintomographen eine Herausforderung für die Gebäudestatik bedeuten kann. Schuld daran ist das enorme Gewicht des Gerätes. Allein der Magnet bringt zwischen 5 und 8 Tonnen auf die Waage. Ob ein Gebäude den statischen Anforderungen gewachsen ist, sollte daher unbedingt vorab abgeklärt werden. *(16)*

2.5 Allgemeine Fragestellung

Die operative Entfernung des retinierten Unterkieferweisheitszahnes gilt als eine der am häufigsten gestellten Indikationen für die Anwendung 3-dimensionaler Diagnostik im Mund und Kieferbereich. Besonders Lageanomalien des Weisheitszahnes und drohende Läsionen wichtiger nervaler Strukturen erfordern den präoperativen Einsatz 3-dimensionaler Verfahren. (5,11) Wie wir wissen, nehmen röntgenbasierte Hochkontrastverfahren eine Art Vormachtstellung im Zuge 3-dimensionaler Abklärung ein.(12,13) Diese Aussage ist weit über die Grenzen der Zahnmedizin hinaus gültig. Daraus ergibt sich, dass die im Laufe eines Patientenlebens akkumulierte diagnostische Strahlenexposition erhebliche Ausmaße angenommen hat, die mit fatalen gesundheitlichen Auswirkungen assoziiert werden können. (15) Um letzteren entgegenzuwirken und die Strahlendosis zu senken, ist es von Interesse mögliche „strahlenlose“ Alternativverfahren auf den Plan zu rufen. Insbesondere bei Probandinnen und Probanden jüngeren Alters, wäre der Einsatz strahlenloser Bildgebung sinnvoll. (14) Die Kernspintomographie erfüllt diese Anforderungen, weswegen die Ausweitung ihres Anwendungsspektrums in zahnmedizinischen Fragestellungen als sinnvoll erachtet wird.

2.5.1 Ziel

In dieser Arbeit soll geprüft werden, inwiefern die MRT, im Vergleich zur traditionellen OPG zur präoperativen Risikoeinschätzung im Zuge der retinierten Unterkieferweisheitszahnentfernung geeignet ist. Dies geschieht mithilfe der Anwendung der Klassifikation zur Risikostratifizierung unterer retinierter Weisheitszähne nach Juodzbaly und Daugela. (6)

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Bei dem gewählten Studiendesign, handelte es sich um eine vergleichende, retrospektive Untersuchung des konventionellen OPG mit der MRT. Der Vergleich wurde unter Anwendung einer aktuellen Klassifikation zur präoperativen Risikostratifizierung retinierter unterer Weisheitszähne realisiert. Mehrere Untersucherinnen und Untersucher verschiedenartigen Erfahrungs-, und Ausbildungsstatus evaluierten die in der Klassifikation enthaltenen Parameter zur Risikobewertung an OPG und MRT- Aufnahmen derselben Patientinnen und Patienten. Die erhobenen Daten wurden statistischer Begutachtung und Auswertung unterzogen.

Die zur Untersuchung herangezogenen Röntgen- und MRT-Aufnahmen entstammten einer vom Ludwig-Boltzmann-Institut durchgeführten Studie zur dentalen Altersbestimmung. Diese fand 2011, unter Einwilligung der lokalen Ethikkommission, in Kooperation mit dem Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde an der Medizinischen Universität Graz statt. Die Studie wurde erst kürzlich im Journal „Forensic Science International“ publiziert.(76)

3.2 Einschlusskriterien

Das Vorliegen von mindestens 2 Weisheitszähnen, in retinierter, eruptierter, oder teilretinierter Form wurde als Einschlusskriterium der Vorgängerstudie definiert. Weitere Anforderungen an die Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer waren weitgehende metallische Restaurationsfreiheit und die Absenz einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur, um metallinduzierte Artefakte in der Bildgebung zu vermeiden. Zusätzlich wurde die Fähigkeit über einen Zeitraum von mindestens 30 Minuten ruhig in der Untersuchungsröhre liegen bleiben zu können, gefordert. Selbsterklärend ist die Voraussetzung, dass etwaige gesundheitliche Kontraindikationen bezüglich der Durchführung einer MRT vorab ausgeschlossen werden mussten. Der zeitliche Abstand zwischen der Anfertigung der OPG und MRT-Aufnahmen sollte einen Zeitraum von 2 Wochen nicht überschreiten. Ein Aufklärungsgespräch über die bevorstehenden Prozedere, sowie die darauffolgende Unterzeichnung der Einverständniserklärung durch den/die Patient/in waren gefordert. Im Falle einer Minderjährigkeit musste die Zustimmung von einer erziehungsberechtigten Person erteilt werden. Die Einwilligung der Patientinnen und Patienten gewährte die Verwendung der Aufnahmen im Rahmen weiterer Untersuchungen.

3.2.1 Modifikation der Einschlusskriterien

In der aktuellen Studie fand eine geringfügige Modifikation der Aufnahmekriterien statt. So wurde die für die Evaluierung benötigte Anwesenheit mindestens eines Unterkieferweisheitszahnes verlangt. Dies war für alle der Probandinnen und Probanden zutreffend.

3.3 Patientenkollektiv

Das im Zuge der Vorgängerstudie der dentalen Altersbestimmung rekrutierte Patientenkollektiv umfasste 29 gesunde Probandinnen und Probanden im Alter zwischen 13 und 24 Jahren. Die Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer wurden zufällig im laufenden Ambulanzbetrieb am Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie der Universitätsklinik Graz im Zeitraum von August 2011 bis September 2012 (13 Monate) rekrutiert.

Einer der ursprünglich 29 Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer musste aus den aktuellen Untersuchungsvorgängen ausgeschlossen werden. Ausschlaggebend dafür ist eine nicht durchgeführte MRT-Aufnahme.

19 der an der Studie teilnehmenden Personen waren weiblichen Geschlechts, 9 Personen waren männlich.

Die Altersverteilung der weiblichen Probandinnen lag zwischen 13.5 und 23.1 Jahren, bei einem ermittelten Durchschnittswert von 19.9 Jahren.

Das Alter der männlichen Probanden verteilte sich im Bereich von 13.7- 21.3 Jahren. Der Mittelwert lag bei 17.0 Jahren.

Alle teilnehmenden Personen sind kaukasischen Ursprungs und wohnhaft in Österreich.

3.4 Bildgebung

Die Rekrutierung der Patientinnen und Patienten sowie die Anfertigung der MRT und OPG Aufnahmen fanden über eine Zeitspanne von 13 Monaten statt. Zwischen OPG und MRT-Aufnahmezeitpunkt eines Patienten durften nicht mehr als 2 Wochen liegen.

3.4.1 OPG

Die Panoramaaufnahmen wurden an der Abteilung für Zahnärztlich Chirurgie und Röntgenologie der Zahnklinik Graz, im Zuge zahnmedizinischer Routineuntersuchungen gefertigt. Ein und dasselbe Gerät unter identer Einstellung der Aufnahmeparameter (60–70 kVp and 14-17 mA) kam zur Anwendung. (Orthophos XG plus DS, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany)

Auf den Aufnahmen ist der gesamte Bereich des Ober-, und Unterkieferbereichs dargestellt.

3.4.2 MRT

Die verwendete MRT-Röhre ist vom Gerätetypus 3T der Firma Siemens (Magnetom Trio, a TIM System, SiemensAG, Erlangen, Germany), welche mit einer 8-Kanal Spule ausgestattet ist. (8-channel receive-only CPC coil; Noras MRI products GmbH, Höchberg, Germany)

Die MRT-Aufnahmen wurden unter der Vorgabe eines standardisierten Untersuchungsprotokolls durchgeführt. Dieses beinhaltet die Anfertigung einer 3D TSE Sequenz (TR/TE 172/10ms, resolution 0.6x0.6x1.0mm³), sowie einer weiteren 3-dimensionalen Sequenz im Steady State Modus (CISS). Für Letztere gelten folgende parametrische Einstellungen: TR/TE 5.41/2.33ms, FA=30°, resolution 0.6x0.6x1.0mm³.

Die Dauer eines Aufnahmezyklus lag bei 20:31 Minuten. Für die Aufnahme wurde die Spule links und rechts des Gesichtes positioniert. Der Aufnahmefokus wurde auf die posteriore Kieferregion gerichtet, um die retromolare Region des Oberkiefers und des Unterkiefers besonders gut darzustellen.

3.5 Studienprotokoll

Der Untersuchungsvorgang wurde mithilfe einer aktuellen Klassifikation zur präoperativen Risikostratifizierung retinierter, unterer Weisheitszähne durchgeführt.(6)

Diese umfasst verschiedene Parameter des Risiko-Assessments. Jeden der Parameter gilt es einzeln zu bewerten und einer Schwierigkeits- bzw. Risikostufe zuzuordnen. Die jeweiligen Bewertungskriterien des Parameters sind in der zugehörigen Zeile aufgelistet.

Position of the mandibular third molar	Risk degree of presumptive intervention (score)			
	Conventional (0)	Simple (1)	Moderate (2)	Complicated (3)
Mesiodistal position in relation to the second molar – M and the mandibular ramus – R				
Relation to the second molar - M	Crown directed at or above the equator of the second molar	Crown directed below the equator to the coronal third of the second molar root	Crown/roots directed to the middle third of the second molar root	Crown/roots directed to the apical third of the second molar root
Relation to the mandibular ramus – R	Sufficient space in the dental arch	Partially impacted in the ramus	Completely impacted in the ramus	Completely impacted in the ramus in distoangular or horizontal position
Apicocoronal position in relation to the alveolar crest – A and the mandibular canal – C (IAN injury risk)				
Relation to the adjacent alveolar crest (from the uppermost point of the tooth) - A	Tooth is completely erupted	Partially impacted, but widest part of the crown (equator) is above the bone	Partially impacted, but widest part of the crown (equator) is below the bone	Completely encased in the bone
Relation to the mandibular canal (from the lowermost point of the tooth) - C	≥ 3 mm to the mandibular canal	Contacting or penetrating the mandibular canal, wall of the mandibular canal may be identified	Contacting or penetrating the mandibular canal, wall of the mandibular canal is unidentified	Roots surrounding the mandibular canal
Buccolingual position in relation to mandibular lingual and buccal walls – B (LN injury risk)				
Relation to mandibular lingual and buccal walls – B	Closer to buccal wall	In the middle between lingual and buccal walls	Closer to lingual wall	Closer to lingual wall, when the tooth is partially impacted or completely encased in the bone (A2 or A3)
Spatial position - S				
Spatial position - S	Vertical (90°)	Mesioangular ≤ 60°	Distoangular ≥ 120°	Horizontal (0°) or inverted (270°)

Abbildung 12: Risikostratifizierungsklassifikation(6)

Die Gradeinteilung erfolgt in der Reihenfolge aufsteigender Schwierigkeit von 0-3.

- ✓ 0- Konventionell
- ✓ 1- Einfach
- ✓ 2- Moderat
- ✓ 3-Kompliziert

Ist ein Parameter nicht beurteilbar, so muss das Feld n.d. (not detectable) angekreuzt werden.

Position des Weisheitszahnes	Einteilung des Schwierigkeitsgrades des Zahnes				Not detectable
	Conventional (0)	Simple (1)	Moderate (2)	Complicated (3)	

Die verschiedenen Parameter sind Überkategorien zugeteilt.

1. Bewertet wird die mesio-distale Lage des Weisheitszahnes in Relation zu umliegenden Strukturen:

- ✓ Dies geschieht einerseits in Relation zum 2. Molaren – **M**
- ✓ Andererseits im Vergleich zum aufsteigenden Unterkieferast- **R**

Hier gilt folgende Richtlinie: je weiter apikal der Weisheitszahn im Vergleich zur Krone des 2. Molaren liegt und je mehr der Weisheitszahn vom Ramus ascendens bedeckt wird, desto höher wird der Schwierigkeitsgrad kategorisiert.

2. Die nächste Überkategorie beschäftigt sich mit der Frage der apikal-koronalen Ausrichtung des Zahnes im Kiefer.

- ✓ So wird die Lage des Zahnes im Vergleich zum Alveolarkamm gewertet- **A**
Auch hier ist folgendes zutreffend: je tiefer im Knochen desto höher der Risikoscore.
- ✓ Als wichtiger Prädiktor des Verletzungsrisikos des Nervus alveolaris inferior ist der kommende Parameter definiert- **C**

Stehen die Wurzelspitzen radiologisch in Kontakt mit dem darunter verlaufenden Mandibularkanal oder überragen diese den Kanal gar, kann von einer erhöhten Wahrscheinlichkeit einer intraoperativen Nervenverletzung ausgegangen werden.

- ✓ Die Kategorie C wurde in der Studie um den Unterpunkt **a** erweitert. Dieser spricht für das Vorliegen eines interradikulären Nervenverlaufs.

3. Weiters wird die bukkolinguale Lage des Zahnes im Kiefer begutachtet:

- ✓ Dies dient einerseits zur Verifizierung des Parameters **C** in einer zusätzlichen Ebene,
- ✓ andererseits zur Risikostratifizierung einer Läsion des Nervus lingualis- **B**

Je weiter lingual der Zahn in der Frontalebene liegt, desto wahrscheinlicher ist eine Verletzung des Nervus lingualis.

4. Zu guter Letzt wird der Winkel der Zahnachse im Vergleich zur Okklusionsebene vermessen.

- ✓ Der Parameter trägt den Buchstaben **S**.
- ✓ Als am leichtesten zu entfernen gelten Zähne in vertikaler oder mesioangulärer Position. Schwieriger wird die Zahnentfernung bei Verkippungen nach distal. Bukkolinguale Verkippungen werden nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Risikostratifizierung eines werden nach dem folgenden Prinzip aufgelistet:

Quelle: Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie, Universitätsklinik für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde, Graz

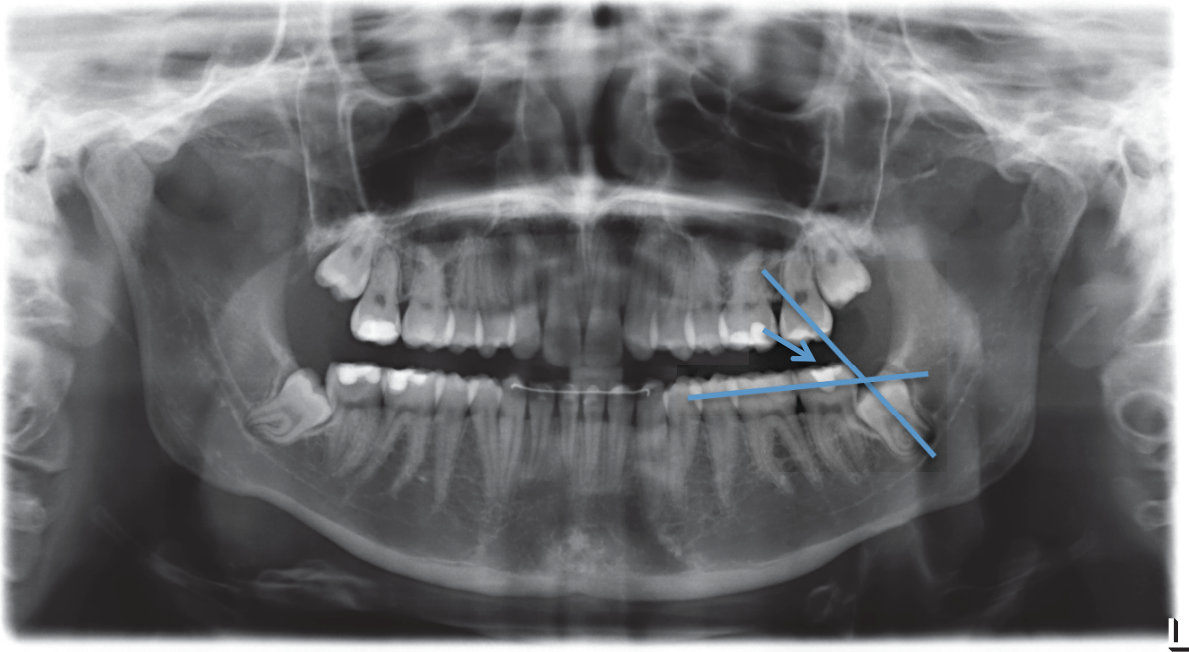


Abbildung 13: Winkelmessung der Längsachse des Weisheitszahnes zur Okklusionsebene (OPG)

Zahn 38:  M1 R1 A1 C2 B1 S2

Wird einer der 6 Parameter als „kompliziert“ (Grad 3) gewertet, muss von einem erhöhten Risiko, den gesamten Eingriff betreffend, ausgegangen werden.

Zu beachten ist, dass bestimmte Parameter Einfluss auf die Bewertung eines anderen Parameters nehmen können. So muss beispielsweise bei lingualer Ausrichtung des Weisheitszahnes und gleichzeitiger tiefer Impaktierung (A2 oder A3) die Schwierigkeitsstufe 3 der Kategorie **B** gewählt werden. Die folgende Erklärung macht den Zusammenhang deutlich: je tiefer der Zahn, bei lingualer Lage, im Knochen impaktiert vorliegt, desto höher fällt die Risikobewertung einer Verletzung des Nervus lingualis aus.

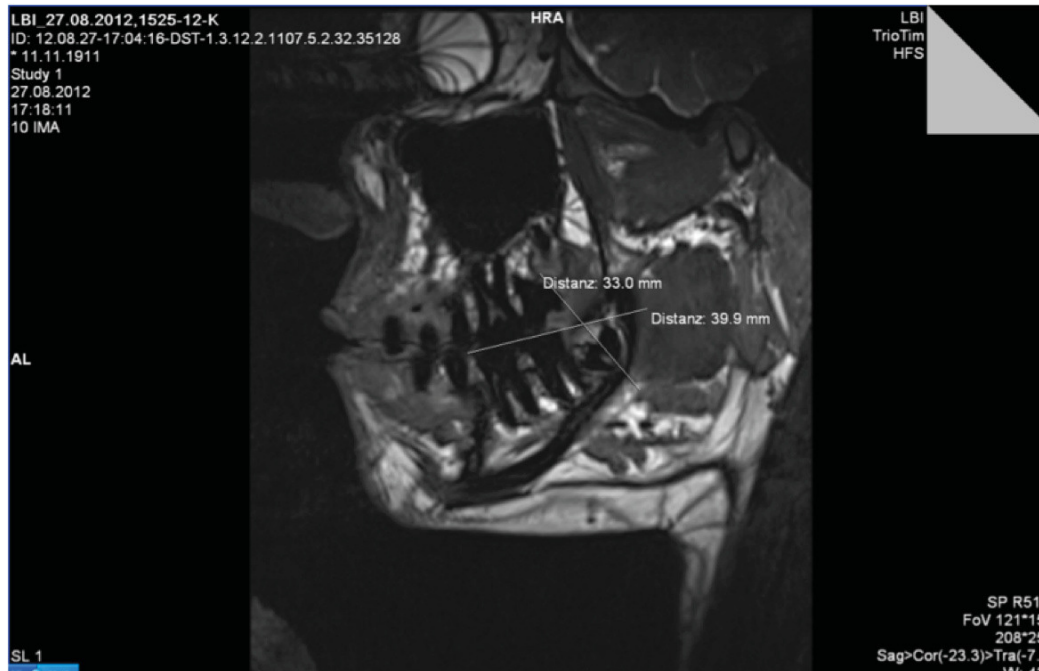


Abbildung 14: Screenshot der Winkelmessung (Längsachse des Weisheitszahnes zur Okklusionsebene) im Rahmen der Untersuchung (MRT)

3.5.1 Untersuchungsablauf

4 Untersucherinnen und Untersucher unterschiedlichen Ausbildungsgrades und unterschiedlicher Vorerfahrung auf dem Gebiet der radiologischen Befundung wurden für die Risikoevaluierung retinierter unterer Weisheitszähne an MRT und OPG-Bildern herangezogen.

3 der 4 Untersucherinnen und Untersucher weisen zahnmedizinischen Hintergrund auf: 2 Fachärztinnen der Zahnmedizin mit mehrjähriger Berufserfahrung in universitärer, oralchirurgischer Spezialisierung; 1 Student der Zahnmedizin im letzten Ausbildungsjahr bei abgeschlossenen Humanmedizinstudium. Als 4. Untersucher wurde ein erfahrener Facharzt für Radiologie, tätig an der Medizinischen Universität Graz, rekrutiert.

Keiner der Untersucher/innen verfügte über Erfahrungswerte im Zusammenhang mit der verwendeten Risikoklassifizierung.

Pro Untersucher/in wurden 2 Untersuchungsvorgänge je bildgebendes Verfahren und Patient/in an voneinander unabhängigen Zeitpunkten durchgeführt.

Um Rückschlüsse der Risikoevaluierung desselben Zahnes von einem auf das andere Verfahren bzw. von einem auf den anderen Untersuchungsvorgang des gleichen Verfahrens so gering als möglich zu halten, wurden folgende Maßnahmen getroffen:

Die OPG- und MRT-Aufnahmen mussten an unterschiedlichen Zeitpunkten begutachtet werden. Der Mindestabstand zwischen den Untersuchungsvorgängen war mit einem Tag definiert. Dieser war für alle Kombinationsmöglichkeiten einzuhalten (OPG-OPG; MRT-MRT,

OPG-MRT). Zusätzlich dazu wurden die Patientendaten (Name und Geburtsdatum) im Rahmen der Befundung der MRT-Bilder durch Zahlenkodierung für den/die Untersucher/in in anonymisierter Form dargestellt. Die Beurteilung der MRT- Datensätze erfolgte in der Sagittal und der Axialebene. Die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Befunderinnen und Befunder wurden unter Verschluss gehalten, um die Interpretation der Parameter möglichst ohne Voreingenommenheit durchführen zu können.

Erst im Rahmen der Auswertungsphase wurden sämtliche gesammelte Daten den jeweiligen Patientinnen und Patienten zugeordnet.

Für standardisierte Verhältnisse bei der Befundung der MRT- und Röntgenbilder sorgte die Durchführung aller Untersuchungen an ein und denselben PC mit zugehörigem, für radiologische Untersuchungen zertifiziertem Bildschirm.

Als radiologische Diagnostiksoftware wurden die Programme „syngoMMWP VE31A“ (SiemensAG, Erlangen, Germany) für die Befundung der MRT-Bilder und „Sidexis“ (Sirona Dental Systems, Inc., USA) zur Begutachtung der OPG-Aufnahmen verwendet.

3.6 Statistische Auswertung

Die Daten wurden in tabellarisierter Form in Excel 2007 aufbereitet und zur statistischen Auswertung in SSPS übertragen.

4 Ergebnisse

Mithilfe der statistischen Auswertung und dem Vergleich der akquirierten Daten, lassen sich Rückschlüsse auf die Reliabilität der MRT, im Rahmen des retromolaren Anwendungsfeldes ziehen.

4.1 Vergleich der Risikobewertung zwischen OPG und MRT

Von primärem Interesse ist, inwiefern sich die Ergebnisse der Risikostratifizierung im Röntgen von jenen der 3-dimensionalen MRT unterscheiden. Um diese Vergleiche zu realisieren, wurden die Untersuchungsergebnisse aus Röntgen und MRT gegenübergestellt. Die Übereinstimmungen bzw. Abweichungen der Resultate wurden anschließend statistischer Begutachtung unterzogen. Die Übereinstimmung der Messergebnisse zwischen MRT und OPG wurde mittels *gewichtetem* bzw. *ungewichtetem* Kappa berechnet.

Das *ungewichtete* Kappa bewertet Fälle exakter Übereinstimmung, während das *gewichtete* Kappa auch geringe Abweichungen berücksichtigt. Je näher Kappa an 1 liegt, desto höher ist die Übereinstimmungsrate.

4.1.1 Auswertung nach Maximalwerten

Laut dem Klassifizierungsschema nach Juodzbalytė et. al, ist der Gesamtschwierigkeitsgrad (0-3) eines Weisheitszahnes abhängig von der Maximalausprägung der beurteilten Parameter M, R, A, C, B und S. (6)

Die Übereinstimmung der ermittelten Maximalwerte aus OPG und MRT wurde untersucht.

Der Parameter B wurde nicht in den Vergleich miteinbezogen, da eine Beurteilung desselben im Röntgen gänzlich unmöglich war.

Der Vergleich der Untersuchungsmethoden erfolgte getrennt nach erstem und zweitem Untersuchungsvorgang.

Sämtliche beurteilten Zähne wurden in den Vergleich miteinbezogen (56 Zähne).

4.1.1.1 Untersuchungsdurchgang Nr. 1:

		MRT1			Gesamtsumme
		1	2	3	
Roe1	0	0	0	1	1
	1	0	1	0	1
	2	2	10	4	16
	3	0	7	31	38
Gesamtsumme		2	18	36	56

Tabelle 1: Maximalwerte Untersuchung 1

ungewichtetes Kappa = 0,432

Die Mittelwerte zwischen Röntgen und MRT stimmen beinahe überein (Rö 2,62 / MRT 2,61)

Im Röntgen wurden 38 von 56 beurteilten Zähnen als „kompliziert“, 16/56 als moderat, 1 als einfach und 1 als konventionell kategorisiert.

In der MRT- Untersuchung wurden 36 beurteilte Zähne als „kompliziert“, 18 als moderat und 2 als einfach bewertet.

Das bedeutet bei 31/56 Zähnen stimmen die Bewertungen aus OPG und MR für die Kategorisierung „kompliziert“ und bei 10/56 Zähnen für die Kategorie „moderat“ exakt überein.

Wird der Parameter „2“ in den Vergleich miteinbezogen so stimmen die Beurteilungen in 73% der Fälle genau überein.

4.1.1.2 Untersuchungsdurchgang Nr. 2:

		MRT2				Gesamtsumme
		0	1	2	3	
Roe2	0	0	0	0	1	1
	2	1	3	10	5	19
	3	0	0	3	33	36
Gesamtsumme		1	3	13	39	56

Tabelle 2: Maximalwerte Untersuchung 2

ungewichtetes Kappa = 0,509

Die Mittelwerte stimmen exakt überein (Rö 2,61 / MRT 2,61)

OPG: 36/56 Zähnen wurden als „kompliziert“, 19 als „moderat“ und 1 als „konventionell“ eingestuft

MRT: 39/56 Zähnen wurden als „kompliziert“, 13 als moderat, 3 als einfach und 1 als konventionell beurteilt.

Die Übereinstimmung des Maximalwertes „3“ ist in 33/56 Zähnen zutreffend. In 10/56 Fällen stimmen die Bewertungen für den Schwierigkeitsgrad „moderat“ exakt überein.

Somit ergibt sich eine Übereinstimmung der Untersuchungsmethoden von 77%.

⇒ Die Verfahren stimmen in erstem und zweitem Untersuchungsdurchgang in **73%** bzw. **77%** überein.

⇒ Es ergibt sich eine prozentuale Abweichung der Übereinstimmungsrate von **4%** zwischen erstem und zweitem Untersuchungsvorgang.

4.1.2 Vergleich der einzelnen Parameter zwischen OPG und MRT

Gegenüberstellung der Parameter M, R, A, C und S.

Im Zuge der Gegenüberstellung wurde jeweils die 1. Messung aus MRT/OPG berücksichtigt.

Die Resultate der einzelnen Untersucherinnen und Untersucher wurden zusammengefasst und als *Mittelwert* des jeweiligen Parameters dargestellt.

4.1.2.1 Parameter M

		MRT M				Gesamtsumme
		0	1	2	3	
ROE_M	0	29	5	0	1	35
	1	12	85	14	0	111
	2	2	20	35	5	62
	3	0	0	0	2	2
Gesamtsumme		43	110	49	8	210

Tabelle 3: Parameter M

Beurteilung der Lagebeziehung des Weisheitszahnes im Vergleich zum 2. Molaren

210 Befundungen

Mittelwerte: Röntgen = 1,16 / MRT = 1,11

ungewichtetes Kappa = 0,547

gewichtetes Kappa = 0,606

⇒ in **72%** (blau gekennzeichnete Werte) stimmen die Beurteilungen des Parameters M zwischen Röntgen und der MRT *genau* überein, in **27%** liegen sie um nur *einen* Schwierigkeitsgrad daneben.

4.1.2.2 Parameter R

		MRT R				Gesamtsumme
		0	1	2	3	
ROE_R	0	8	6	0	0	14
	1	16	74	8	4	102
	2	1	5	18	9	33
	3	3	28	11	19	61
Gesamtsumme		28	113	37	32	210

Tabelle 4: Parameter R

Lage des Weisheitszahnes im Vergleich zum aufsteigenden Unterkieferast

210 Befundungen

Mittelwerte: Röntgen = 1,67 / MRT = 1,35

ungewichtetes Kappa = 0,341

gewichtetes Kappa = 0,392

⇒ in **57 %** der Fälle stimmen die Beurteilungen genau überein, in **26%** weichen sie um eine Schwierigkeitsstufe ab.

4.1.2.3 Parameter A

		MRT A				Gesamtsumme
		0	1	2	3	
ROE_A	0	22	2	1	0	25
	1	8	34	14	0	56
	2	2	30	51	13	96
	3	2	1	10	20	33
Gesamtsumme		34	67	76	33	210

Tabelle 5: Parameter A

Relation: Weisheitszahn/Alveolarkammniveau

210 Befundungen

Mittelwerte: Röntgen = 1,65 / MRT = 1,52

ungewichtetes Kappa = 0,440

gewichtetes Kappa = 0,568

- ⇒ genaue Übereinstimmung der Bewertungen in **60 %** der Fälle.
- ⇒ in **37 %** weichen sie um eine Schwierigkeitsstufe ab.

4.1.2.4 Parameter C

		MRT_C				Gesamtsumme
		0	1	2	3	
ROE_C	0	3	0	1	0	4
	1	2	16	29	0	47
	2	11	22	98	19	150
	3	2	1	5	0	8
Gesamtsumme		18	39	133	19	209

Tabella 6: Parameter C

Relation: Weisheitszahn/ N. alveolaris inferior

209 Befundungen

Mittelwerte: Röntgen = 1,79 / MRT = 1,74

ungewichtetes Kappa = 0,113

gewichtetes Kappa = 0,142

- ⇒ exakte Übereinstimmungsrate OPG/MRT = **56 %** der Fälle
- ⇒ in **37 %** liegen die Beurteilungen um einen Schwierigkeitsgrad daneben.

4.1.2.5 Parameter S

		MRT_S			Gesamtsumme
		0	1	3	
ROE_S	0	47	12	0	59
	1	26	101	1	128
	2	0	4	0	4
	3	0	0	4	4
Gesamtsumme		73	117	5	195

Tabella 7: Parameter S

Angulation des Weisheitszahnes = Winkelmessung Längsachse/ Okklusionsebene

Befundungen: 195

Mittelwerte: Röntgen = 0,75 / MRT = 0,68

ungewichtetes Kappa = 0,552

gewichtetes Kappa = 0,597

- ⇒ exakte Übereinstimmung der Beurteilungen in OPG/MRT = **77,9%**
- ⇒ in **21,5%** liegen die Beurteilungen um einen Schwierigkeitsgrad daneben.

4.1.3 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse;

Der ermittelte Schwierigkeitsgrad (siehe Mittelwerte) liegt im Durchschnitt im Rahmen der Röntgenuntersuchung bei allen 5 Parametern über dem vergleichbaren Wert der MRT-Untersuchung. Die prozentuelle Übereinstimmung zwischen den beiden Verfahren ist bei den Parametern **S (77,9 %)** und **M (72%)** am besten. Die Parameter **A (60%)** und **R (57%)** liegen im Mittelfeld der Übereinstimmungsraten. Die Übereinstimmungsrate des Parameter **C (56%)** fällt am geringsten aus.

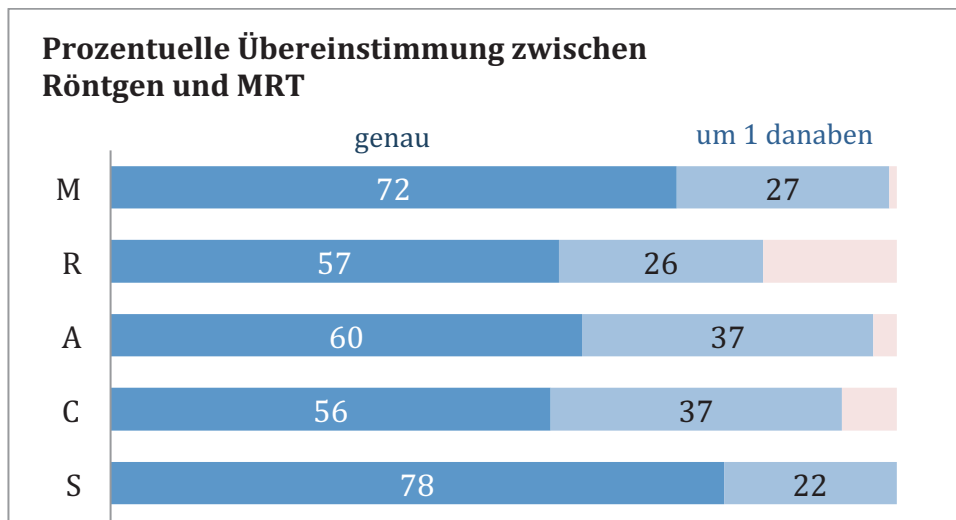


Diagramm 1: Prozentuelle Übereinstimmung der Bewertungen zwischen Röntgen und MRT

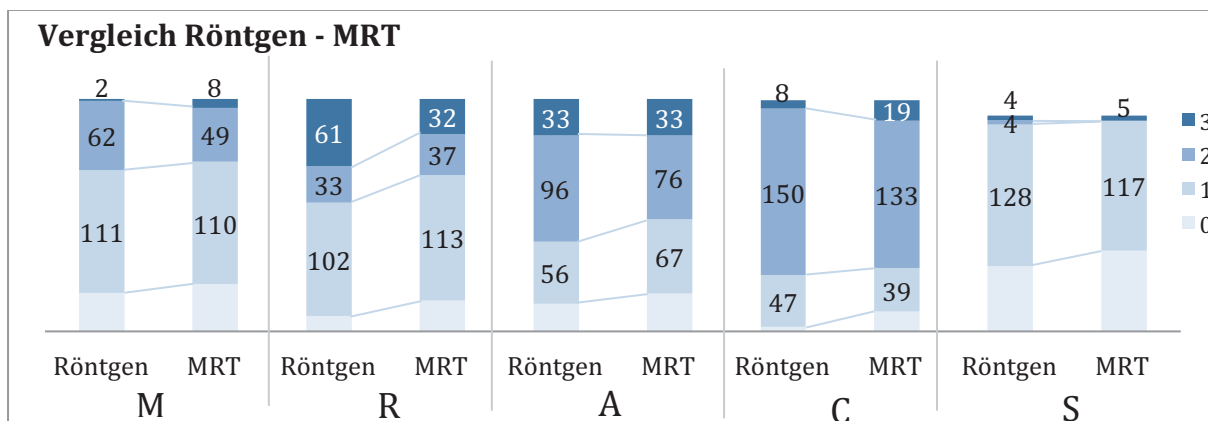


Diagramm 2: Vergleich Röntgen und MRT, Darstellung nach Häufigkeitsverteilung

Der *durchschnittliche* Schwierigkeitsgrad, bzw. die Einschätzung des Risikos der Parameter liegt im Röntgen teils deutlich über den Werten der MRT. Die Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Bewertungen (Diagramm 2) zeigt jedoch, dass die Parameter **M, C**

und **S** in der MRT- Untersuchung öfter als im OPG der Schwierigkeitskategorie „3“ zugeordnet wurden. Beim Parameter **R** ist der Unterschied der Häufigkeitsverteilung am Eklatantesten.

4.2 Vergleich der Messungen innerhalb eines Untersuchers

U1: Untersucher 1 (Oralchirurgin **K**)

U2: Untersucher 2 (Oralchirurgin **R**)

U3: Untersucher 3 (Student **S**)

U4: Untersucher 4 (Radiologe **M**)

4.2.1 Vergleich der Messungen im OPG

Röntgen: Kappa				
	K	R	S	M
M	0,772	0,590	1,00	0,732
R	0,588	0,681	0,814	0,757
A	0,650	0,704	0,797	0,589
C	0,907	0,704	0,581	0,564
B				
S	0,577	0,913	1,00	0,557

Tabelle 8: Vergleich der 1.- und 2.- Messung -Röntgen

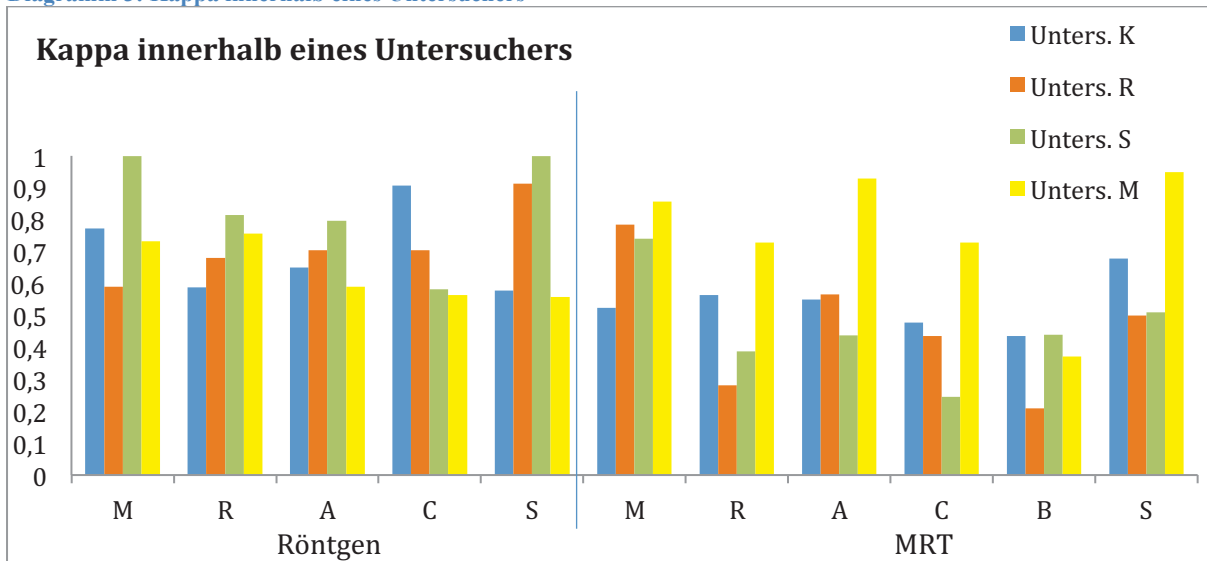
4.2.2 Vergleich der Messungen der MRT

MRT: Kappa				
	K	R	S	M
M	0,523	0,785	0,740	0,856
R	0,564	0,281	0,387	0,729
A	0,550	0,565	0,438	0,929
C	0,478	0,436	0,245	0,729
B	0,436	0,208	0,440	0,371
S	0,678	0,500	0,510	0,950

Tabelle 9: Vergleich der 1.- und 2.- Messung -MRT

- ⇒ es gibt keinen auffälligen Unterschied der Kappawerte zwischen den beiden Messungen innerhalb eines Untersuchers bzw. einer Untersucherin.
- ⇒ Die Kappawerte der Röntgenuntersuchung liegen bei den Untersuchern **K**, **R** und **S** über jenen der MRT-Untersuchung.
- ⇒ Der Untersucher **M** (Radiologe) stimmt in den Untersuchungsergebnissen der MRT-Untersuchung besser überein als in der OPG- Untersuchung.
- ⇒ Der Parameter **B** (Beurteilung der bucco-lingualen Lage des Weisheitszahnes im Unterkiefer) weist die geringste Übereinstimmungsrate aller Befunder und Befunderinnen auf.

Diagramm 3: Kappa innerhalb eines Untersuchers



Gegenüberstellung des 1. und 2. Untersuchungsvorganges getrennt nach Bildgebungsverfahren und Untersucher

4.2.3 Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den beiden Messungen pro Untersucher:

Untersucher K		M	R	A	C	B	S
MRT	genau	80	64	69	50	53	74
	+/- 1	0	4	7	11	7	0
RÖNTGEN	genau	91	82	72	91		86
	+/- 1	0	2	2	0		0

Tabelle 10: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher K

Untersucher R		M	R	A	C	B	S
MRT	genau	85	67	77	83	69	77
	+/- 1	0	10	2	2	12	6
RÖNTGEN	genau	84	86	77	88		93
	+/- 1	0	11	0	0		0

Tabelle 11: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher R

Untersucher S		M	R	A	C	B	S
MRT	genau	85	75	69	71	71	79
	+/- 1	0	2	4	4	8	0
RÖNTGEN	genau	95	93	86	82		100
	+/- 1	2	5	0	0		0

Tabelle 12: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher S

Untersucher M		M	R	A	C	B	S
MRT	genau	91	82	95	84	57	98
	+/- 1	9	18	5	16	14	2
RÖNTGEN	genau	85	85	71	80		75
	+/- 1	15	15	29	20		25

Tabelle 13: Prozentuelle Übereinstimmung Untersucher M

Fazit:

- ⇒ Die prozentuellen Übereinstimmungen liegen im OPG über jenen der MRT (Untersucher K, R, S)
- ⇒ Der Untersucher M weist in der MRT-Untersuchung höhere Übereinstimmungsraten auf
- ⇒ Es sind geringe Unterschiede zwischen den Untersuchern zu erkennen.
 Untersucherin K hat beispielsweise bei den Vermessungen der MRT- Bilder schlechtere Übereinstimmungen als die Untersucher R und S.

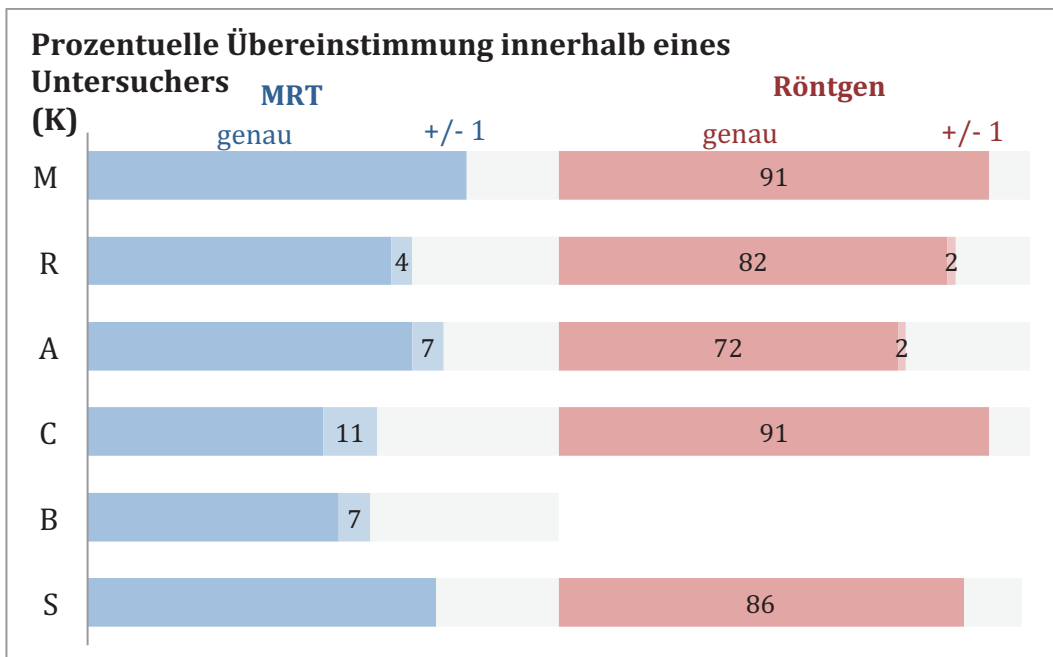


Diagramm 4: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (K)

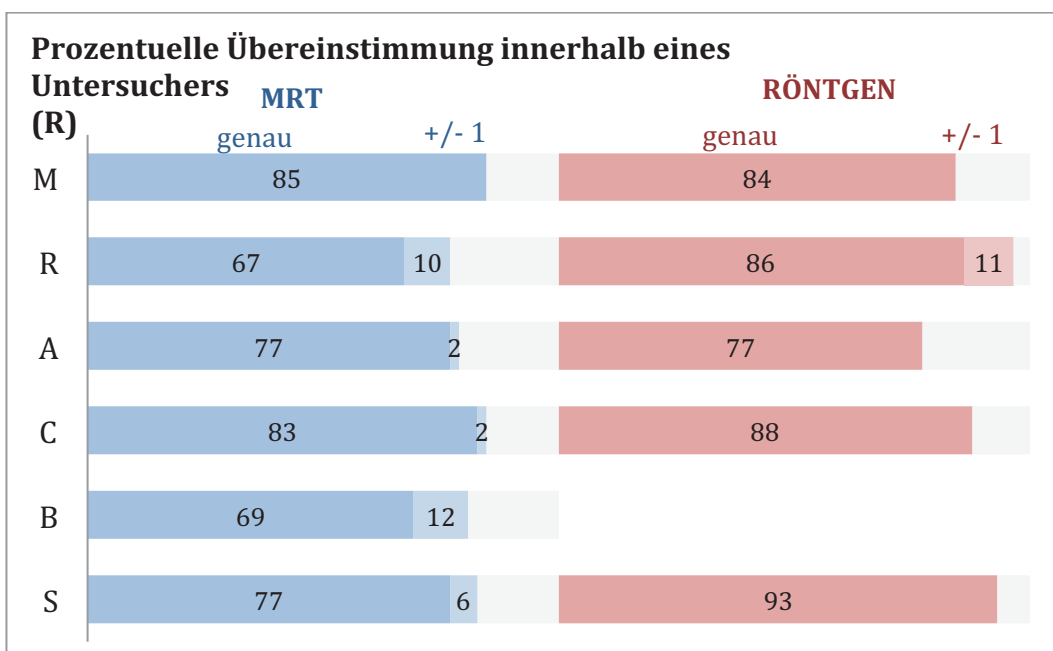


Diagramm 5: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (R)

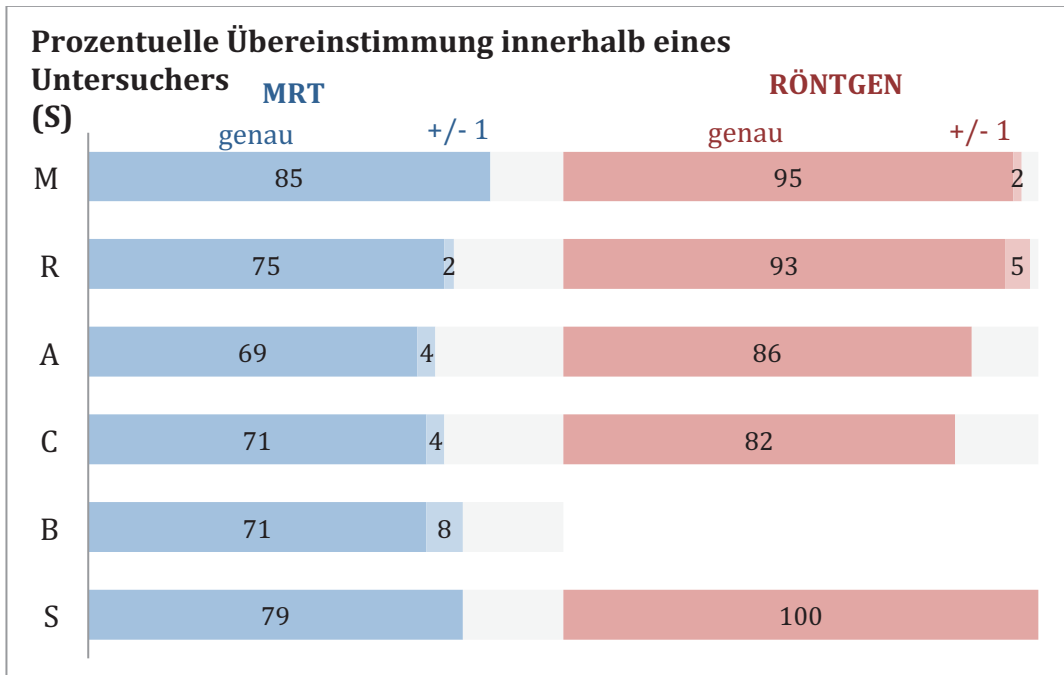


Diagramm 6: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (S)

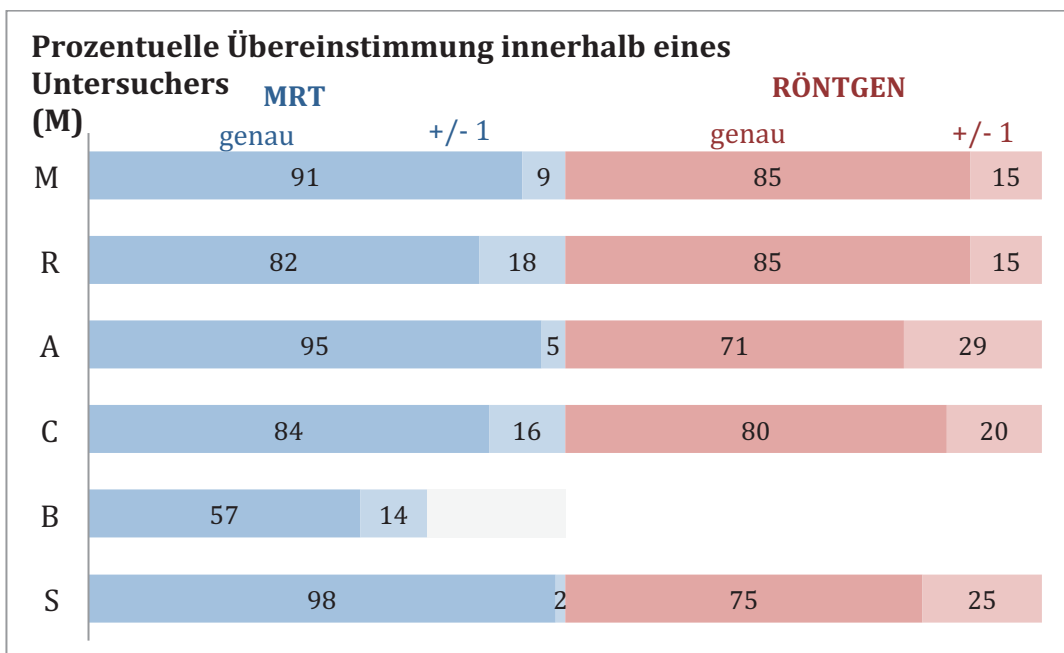


Diagramm 7: Prozentuelle Übereinstimmung innerhalb eines Untersuchers (M)

4.3 Vergleich der Messungen zwischen den Untersuchern

Um Unterschiede der Messergebnisse zwischen den einzelnen Untersuchern zu eruieren, wurden folgende Vergleiche angestellt.

- Vergleich der Untersucherin **K** (Oralchirurgin) mit dem Untersucher **M** (Radiologe)
- Vergleich der Untersucherin **R** (Oralchirurgin) mit dem Untersucher **S** (Student)
- Vergleich der Untersucherin **K** (Oralchirurgin) mit der Untersucherin **R** (Oralchirurgin)

4.3.1 Vergleich der Messungen des OPG

Röntgen: Kappa			
	K.:M.	S.:R.	K.:R.
M	0,024	0,411	0,694
R	0,151	0,484	0,227
A	0,559	0,123	0,372
C	0,360	0,261	0,675
B			
S	0,529	0,882	0,700

Tabelle 14: Vergleich der Untersucher- RÖNTGEN

4.3.2 Vergleich der Messungen der MRT

MRT: Kappa			
	K.:M.	S.:R.	K.:R.
M	0,068	0,674	0,776
R	0,316	0,496	0,249
A	0,216	0,396	0,278
C	0,037	0,265	0,253
B	0,158	0,203	0,272
S	0,070	0,547	0,389

Tabelle 15: Vergleich der Untersucher- MRT

- ⇒ **K.:M.**: Die Übereinstimmungen der Untersucherin K und des Untersuchers M fallen generell sehr niedrig aus. (siehe z.B. Parameter M)
- ⇒ **S.:R.**: Zwischen der Untersucherin R und dem Untersucher S sind Schwankungen in der Übereinstimmung der Messergebnisse offensichtlich. (schlechte Übereinstimmung Parameter A OPG: 0,123; gute Übereinstimmung Parameter M MRT: 0,674)
- ⇒ **K.:R.**: Die Untersucherin K und die Untersucherin R zeigen den größten Übereinstimmungsgrad aller Vergleiche. Die Kappawerte der Röntgenuntersuchung liegen über jenen der MRT
- ⇒ Im Mittel sind die Kappawerte der Röntgenuntersuchung über jenen der MRT-Untersuchung.

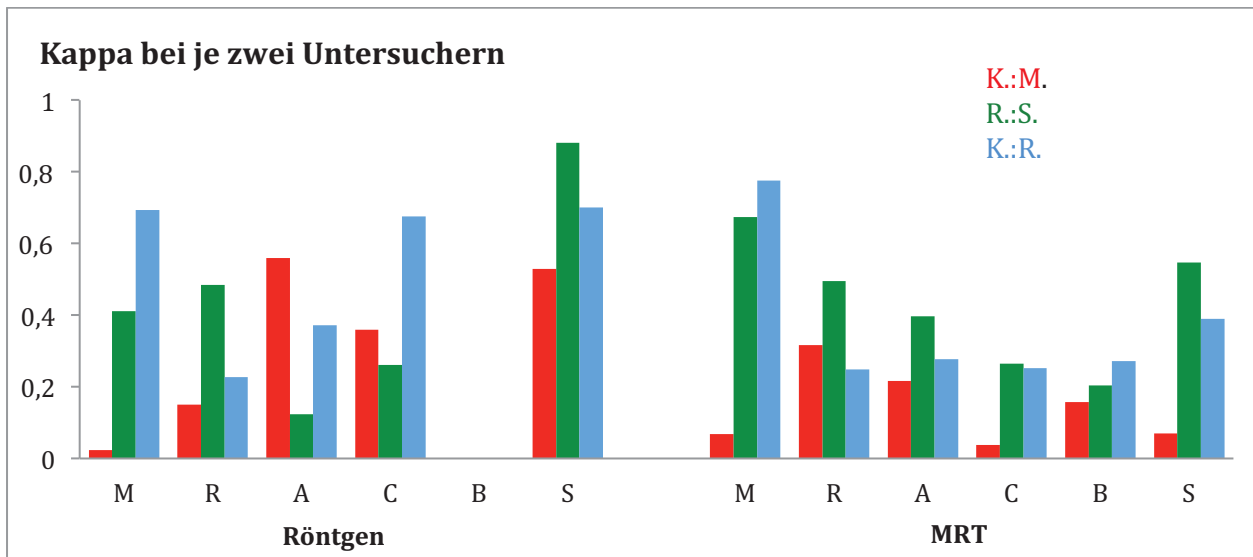


Diagramm 8: Vergleich der Untersucher- KAPPA

4.3.3 Prozentuelle Übereinstimmung zwischen je zwei Untersuchern:

K.:M.		M	R	A	C	B	S
MRT	genau	25	52	40	44	41	53
	+/- 1	61	35	54	49	33	41
RÖNTGEN	genau	21	33	67	72		76
	+/- 1	76	49	29	28		20

Tabelle 16: Prozentuelle Übereinstimmung der Untersucher (Zahnärztin gegen Student)

S.:R.		M	R	A	C	B	S
MRT	genau	83	73	59	61	49	78
	+/- 1	17	23	39	38	37	22
RÖNTGEN	genau	65	72	40	68		95
	+/- 1	34	8	55	32		5

Tabelle 17: Prozentuelle Übereinstimmung der Untersucher (Zahnärztin gegen Radiologen)

K.:R.		M	R	A	C	B	S
MRT	genau	90	46	43	62	51	69
	+/- 1	10	23	52	37	29	31
RÖNTGEN	genau	86	50	55	88		87
	+/- 1	14	13	42	12		10

Tabelle 18: Prozentuelle Übereinstimmung der Untersucher (Oralchirurgin gegen Oralchirurgin)

Fazit:

- ⇒ Zwischen den Untersuchern K und M ist die prozentuelle Übereinstimmung der Messergebnisse geringer als jene zwischen den Untersuchern S. und R..
- ⇒ Die Werte weichen besonders in der MRT voneinander ab.
- ⇒ Der Vergleich zwischen den beiden Oralchirurginnen R und K zeigt die höchste prozentuelle Übereinstimmung (bis auf Parameter R)

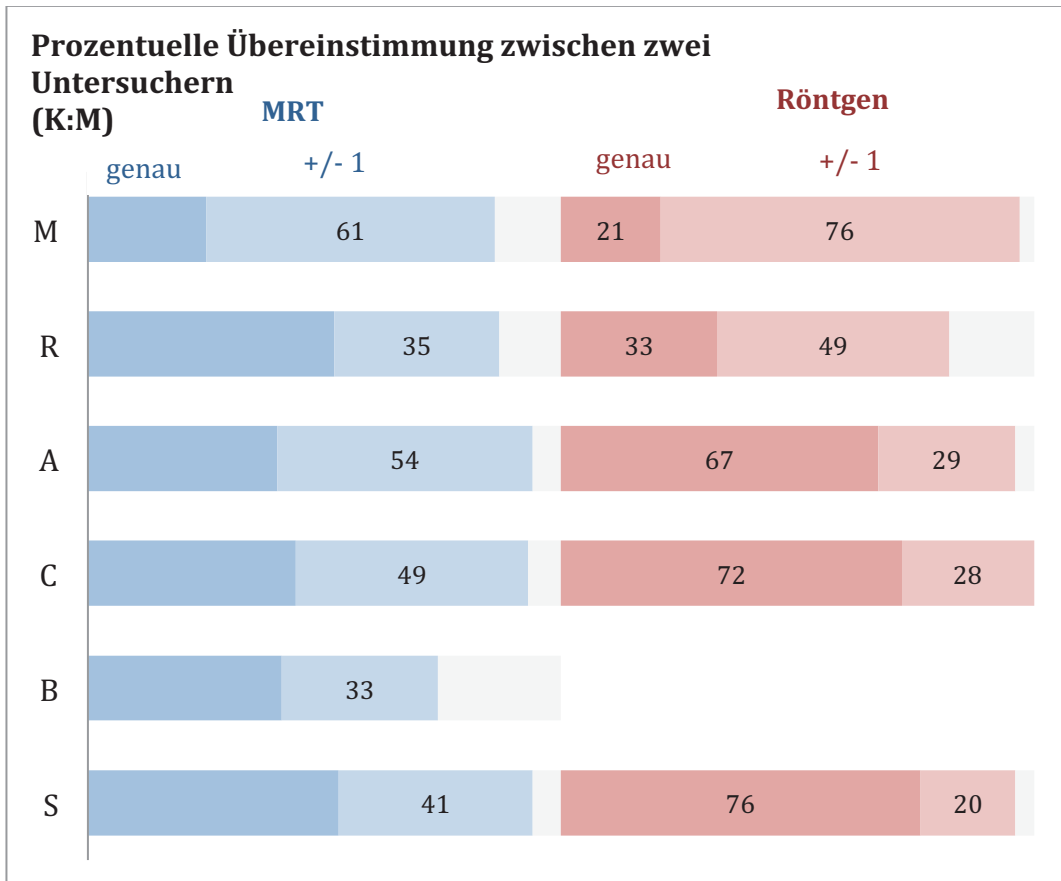


Diagramm 9: Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den Untersuchern (Zahnärztin gegen Student)

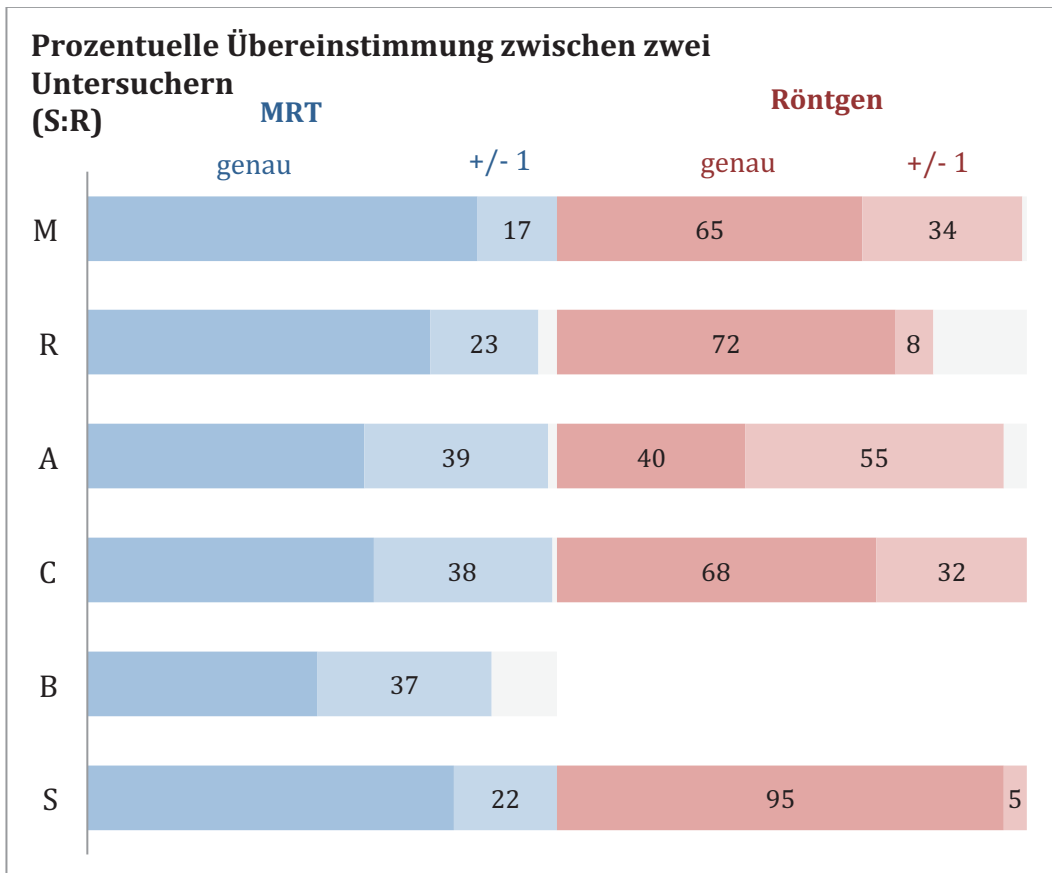


Diagramm 10: Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den Untersuchern (Zahnärztin gegen Radiologen)

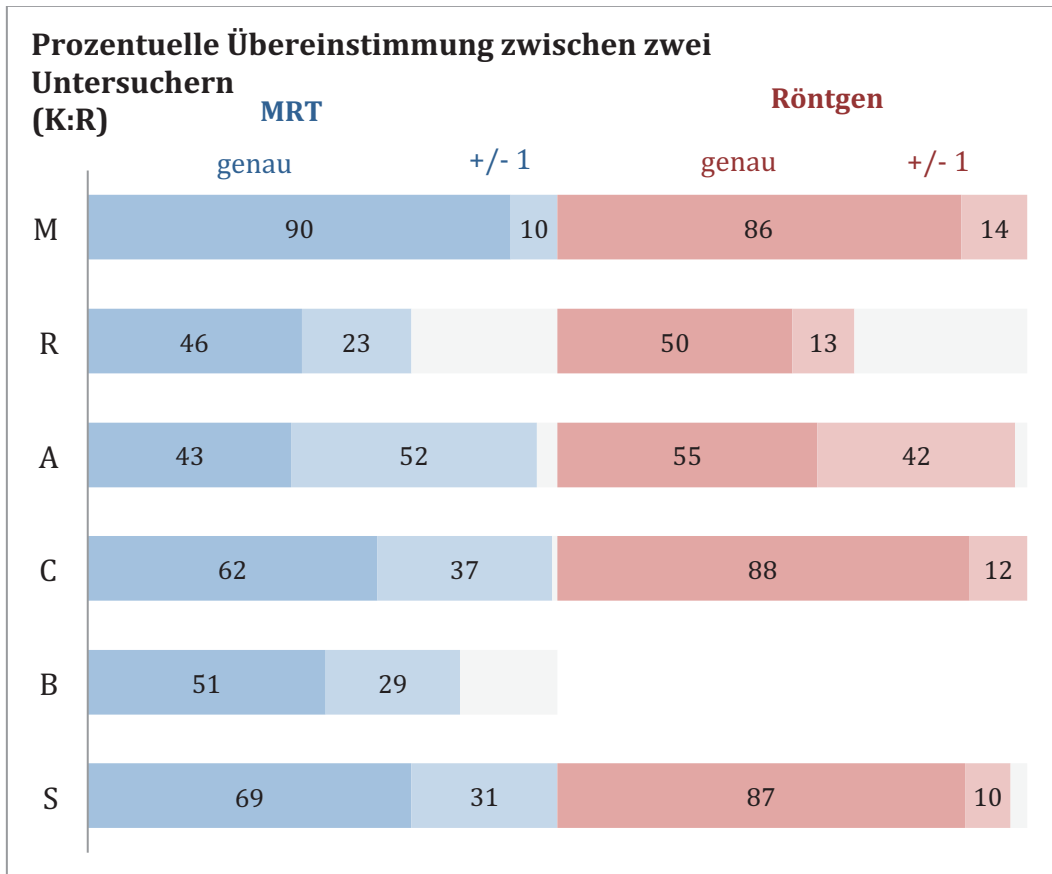


Tabelle 19: Prozentuelle Übereinstimmung zwischen den Untersuchern (Oralchirurgin gegen Oralchirurgin)

4.4 Verbessert sich der Untersucher von der 1. zur 2. Messung?

Bei der Begutachtung der akquirierten Daten fielen geringgradige Abweichungen in der Beurteilung ein und desselben Untersuchers zwischen 1. und 2. Messung auf. Es stellt sich die Frage, ob und inwiefern sich die Untersucherinnen und Untersucher vom 1. zur 2. Messung verbessern. Die Überprüfung gilt als schwierig, da in diesem Fall kein Referenzwert in Form der diagnostischen Wahrheit vorliegt. Um dennoch einen Vergleichswert zu erhalten wurden die 8 Untersuchungsdurchgänge (2 je Untersucher) gemittelt. Danach wurden alle Einzelergebnisse mit dem jeweiligen Mittelwert verglichen und die Abweichungen der Werte festgehalten.

4.4.1 Alle Messungen zusammen:

	Min	Max	Mittelwert	Stabw.
K 1	,00	3,00	0,39	0,45
K 2	,00	3,00	0,39	0,44
R 1	,00	3,00	0,43	0,51
R 2	,00	3,00	0,52	0,59
S 1	,00	3,00	0,34	0,39
S 2	,00	3,00	0,37	0,41
M 1	,00	2,67	0,49	0,50
M 2	,00	3,00	0,52	0,54

Tabelle 20: Verbessert sich der Untersucher?

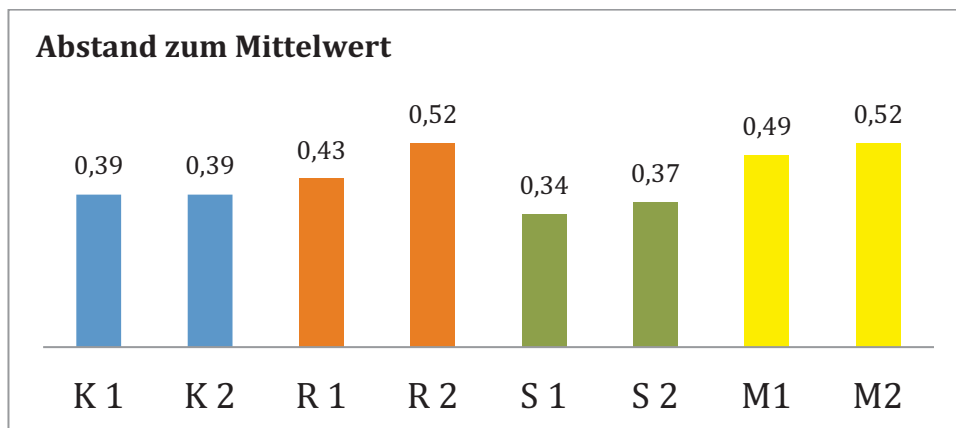


Diagramm 11: Abstand zum Mittelwert

Fazit:

- ⇒ Die Untersucherin K ändert sich zwischen den Messungen nicht.
- ⇒ Untersucher S weist den geringsten Abstand zum Mittelwert auf.
- ⇒ Bei den Untersuchern R, M und S wird der Abstand vom Mittelwert größer.
- ⇒ Untersucher M ist am weitesten vom Mittelwert entfernt
- ⇒ Die 2. Messung ist immer etwas ungenauer

4.4.2 nach Messungen getrennt:

Hier sind die Mittelwerte der Abstände aufgelistet.

	M	R	A	C	B	S
K 1	0,34	0,58	0,42	0,28	0,53	0,27
K 2	0,33	0,59	0,45	0,29	0,52	0,23
R 1	0,41	0,47	0,44	0,42	0,81	0,25
R 2	0,40	0,65	0,56	0,51	0,92	0,26
S 1	0,33	0,42	0,38	0,31	0,51	0,18
S 2	0,32	0,41	0,44	0,36	0,59	0,19
M 1	0,60	0,48	0,47	0,45	0,80	0,28
M 2	0,64	0,45	0,52	0,49	1,04	0,23

Tabelle 21: Abstände zum Mittelwert, getrennt nach Messung

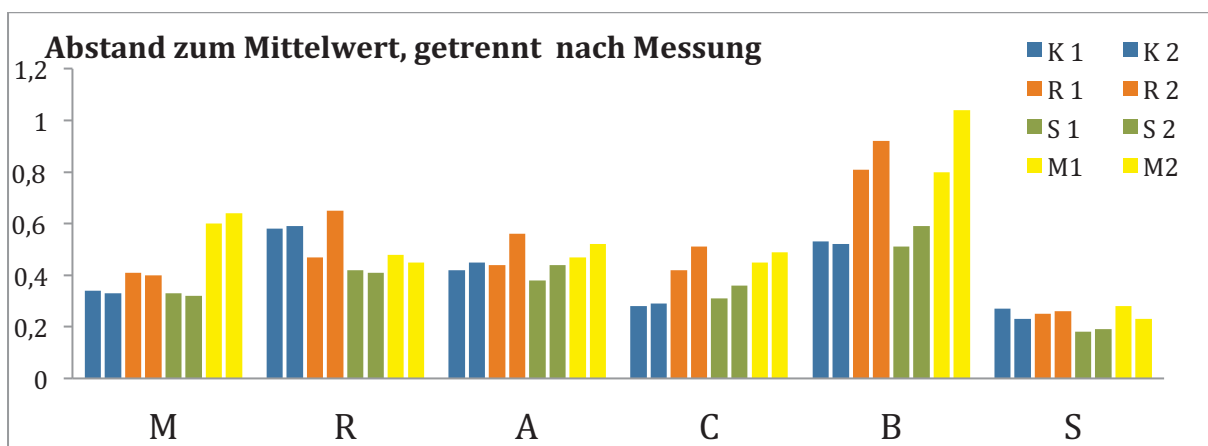


Diagramm 12: Abstände zum Mittelwert, getrennt nach Messung

Fazit:

- ⇒ Bei den Parametern M, S und C sind die Übereinstimmungen am höchsten.
- ⇒ Bei den Parametern R und B sind die Übereinstimmungen am schlechtesten.
- ⇒ Meist ist die 2. Messung ungenauer
- ⇒ Untersucher M ist auffällig weit vom Mittelwert entfernt

5 Diskussion

Die Ergebnisse der aktuellen Studie zur Risikostratifizierung unterer retinierter Weisheitszähne präsentieren sich insgesamt als ambivalent. Wie beschrieben, werden das konventionelle Orthopantomogramm und die Kernspintomographie im Rahmen der Untersuchungen gegenübergestellt. So wird geprüft, ob die Kernspintomographie als alternative Untersuchungsmethode für die Diagnostik der retromolaren Region geeignet ist.

Im akquirierten Bildmaterial der MRT-Untersuchung werden Ober- und Unterkieferregionen schichtweise dargestellt. Die errechneten Schnittbilder erlauben die Begutachtung in der Axial- und der Sagittalebene. Die Zähne des Seitenzahnbereichs lassen sich in sämtlichen gefertigten Aufnahmesequenzen inklusive angrenzender knöcherner Strukturen gut erkennen. Im Detail ist es möglich zwischen der Zahnhartsubstanz und der Pulpa des Zahnes zu differenzieren. Zusätzlich gelingt die Darstellung des flüssigkeitsgefüllten Parodontalspaltes. Bei den retinierten Weisheitszähnen wird das Zahnsäckchen mitabgebildet. Die Lagebeziehung von Zähnen zueinander ist exakt definierbar. Der Kieferknochen grenzt sich deutlich von umliegenden Weichteilen ab. Aufgrund der guten Kontrastierung, ist sogar die Befundung des Sinus maxillaris, bezüglich Belüftung und Schleimhautdicke, möglich. Der Nervus alveolaris inferior wird im Rahmen der MRT-Untersuchung direkt dargestellt. Sein Verlauf ist in jedem Fall durchgängig erkennbar. Diese Beobachtungen korrelieren mit der aktuellen Literatur zu diesem Thema. (16,17,76–80) Somit ist die Beurteilbarkeit der in dieser Studie herangezogenen Parameter als positiv zu werten. Die MR-Aufnahmen wurden mittels 3.0 Tesla Gerät angefertigt. Die verbesserte Bildqualität durch Erhöhung der Magnetfeldstärke von konventionellen 1.5 Tesla auf die heute klinisch einsetzbaren 3.0 Tesla trägt zu der guten Beurteilbarkeit der Parameter bei. (81) In früheren dentalen Untersuchungsprotokollen waren es u.a. die eingeschränkte Darstellungsqualität dentaler Regionen, sowie die vergleichsweise schlechte Ortsauflösung, welche als Kritikpunkt kernspintomographischer Bilder beanstandet wurden. Dies ist sicherlich mitverantwortlich dafür, dass der Einsatz der MRT bis heute speziellen dentalen Fragestellungen vorbehalten ist. Mit der beschriebenen Zunahme der Bildqualität ist eine Ausweitung des dentalen Einsatzgebietes der MRT durchaus denkbar. In präklinischen Versuchsreihen wird heute mit Magnetfeldstärken von bis zu 7.0 Tesla experimentiert, wobei gesundheitliche Folgen durch die enorme magnetische Belastung nicht gänzlich auszuschließen sind. Als häufig auftretende Nebenwirkungen werden beispielsweise starke Kopfschmerzen beschrieben. (16) In der aktuellen Studie konnten anatomische Strukturen und Lagebeziehungen der retromolaren Region durchwegs zufriedenstellend

abgebildet werden. Dies spricht für die ausreichend gewährleistete Bildqualität durch den verwendeten 3.0 Tesla Kernspintomographen. Um periphere Nerven abzubilden wurde in der Vergangenheit auf 2-dimensionale MRT-Techniken zurückgegriffen. Dabei wurde eine relativ starke Schichtdicke gewählt. Zusätzlich wurde versucht, ein MR-Signal hoher Intensität zu generieren, um den entsprechenden Bildkontrast gewährleisten zu können. (82,83) Aktuelle Untersuchungen zufolge eignen sich 3-dimensionale T1-Sequenzen (SPGR) besonders gut zur Darstellung nervaler Strukturen in der Größenordnung des Nervus alveolaris inferior.(84,85) Im Gegensatz dazu kommen zur Abbildung der Hirnnerven T2-gewichtete „Fast-Imaging“ – Sequenzen im Steady-State Modus zum Einsatz. (86–88) Im Rahmen der aktuellen Untersuchung kamen folgende Untersuchungssequenzen zur Anwendung: 3D - TSE Sequenz (TR/TE 172/10ms, resolution 0.6x0.6x1.0mm³), sowie eine weitere 3-dimensionale Sequenz im Steady State Modus (CISS: TR/TE 5.41/2.33ms, FA=30°, resolution 0.6x0.6x1.0mm³.)

Die Abgrenzung des Nervengewebes gegenüber Zahnhartsubstanz und umgebenden knöchernen Strukturen war in allen 3-dimensionalen Aufnahme-Sequenzen möglich. Der N. alveolaris inferior konnte in den verschiedenen Untersuchungsebenen dargestellt und gänzlich in seinem Verlauf verfolgt werden. Sogar die einzeln in die Zahnwurzeln einstrahlenden Rami dentales, sowie das Pulpengewebe konnten sichtbar gemacht werden. Dies gelingt mit keinem anderen konventionellen bildgebenden Verfahren in der Zahnheilkunde. (89) Die Resultate bezüglich der Abbildung von Nervengewebe im Zuge der MRT-Untersuchung stehen im Einklang mit den Ergebnissen aktueller Untersuchungen. Im Gegensatz zu DVT und der dentalen CT wird das neurovaskuläre Bündel in MRT-Aufnahmen direkt abgebildet. (17,78) Dies ermöglicht die geometrisch exakte Beurteilung des Nervenverlaufs. Auch bei Fehlen der kortikalen Begrenzung ist so die Identifizierung des neurovaskulären Verlaufs möglich. Einige Autoren sprechen von einer diagnostischen Überlegenheit der MRT gegenüber der dentalen CT, da mithilfe der Kernspintomographie der Nervenverlauf deutlich öfter dargestellt werden kann.(17) Im Zuge der MRT-Untersuchung liegen die prozentualen Angaben des Beurteilungserfolgs teilweise sogar bei 100%. Laut Gahleitner et. al. wird das neurovaskuläre Bündel im Gegenzug dazu bei der dentalen CT nur in rund 2/3 der Fälle adäquat abgebildet. (90) In der Literatur werden des Öfteren Artefaktbildungen, aufgrund intraoraler Restaurationen und festsitzender kieferorthopädischer Apparaturen, beschrieben, die eine Beurteilung der MRT-Aufnahmen erschweren, bis gänzlich unmöglich machen können. (91) Das Ausmaß der Artefaktbildung ist dabei in Abhängigkeit zur magnetischen Suszeptibilität des verwendeten Materials zu sehen. Dabei spielt die Art der verwendeten Untersuchungssequenz eine entscheidende Rolle. Geringgradige Störungen werden durch die Anwesenheit ferromagnetischer Metallkomponenten in dentalen Materialien ausgelöst. Schon

ein geringer Anteil ist ausreichend, um Inhomogenitäten im Magnetfeld zu erzeugen. Dies ist beispielsweise bei Zirconium-Dioxid der Fall. Vollständig metallbasierte Legierungen führen sogar zur Bildung eines eigenen Magnetfeldes, was den Prozess der Signalentstehung maßgeblich beeinträchtigt. (91) Im Rahmen der Studie kann über keinerlei Artefaktbildungen berichtet werden. Dies ist durch die Einschlusskriterien (keine festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen) sowie durch die geringe Zahl an Restaurationen des jugendlichen Patientenguts bedingt.

In dieser Studie wurde eine aktuelle Klassifikation zur Risikobewertung unterer Weisheitszähne verwendet. Im Gegensatz zu langjährig eingesetzten Risikoklassifizierungen (45,48,51) gibt es zum Index von Juodzbaly und Daugela (6) noch keine Daten bezüglich der klinischen Praktikabilität desselben. (47) Ebenso konnte in einer Pubmedsuche keine Literatur, die den Schwierigkeitsgrad von Weisheitszähnen im OPG und MR vergleicht, gefunden werden. Laut der verwendeten Klassifikation zur Risikobewertung unterer, retinierter Weisheitszähne (6) steht der Gesamtschwierigkeitsgrad (0-3) des Weisheitszahnes in Abhängigkeit zur Maximalausprägung der Parameter M, R, A, C, B und S. Folglich bestimmt der höchste Wert aller Parameter die Gesamtrisikostratifizierung des Weisheitszahnes. Die Einstufung der Gesamtschwierigkeit ist von Bedeutung, da diese Einfluss auf das therapeutische Konzept der Weisheitszahnentfernung nehmen kann. So zum Beispiel können einfach eingestufte Weisheitszähne auch von nicht oralchirurgisch spezialisierten oder von in Ausbildung befindlichen Zahnärzten entfernt werden. Bei kompliziert eingestuften Zähnen gilt die Empfehlung den Patienten an einen Spezialisten überweisen.(92) Im Rahmen der Untersuchung wurden die jeweiligen Maximalwerte der Weisheitszähne aus OPG und MRT gegenübergestellt und deren Übereinstimmung berechnet. 56 Zähne wurden in die Bewertung miteinbezogen. Die Auflistung der Maximalwerte erfolgte getrennt nach Untersuchungsdurchgängen.

Die prozentuelle Übereinstimmung des jeweiligen Gesamtrisikoscores von OPG und MR lag im 1. Untersuchungsdurchgang bei **73%**. Der 2. Untersuchungsdurchgang lieferte eine um **4%** höhere Übereinstimmungsrate von **77%**. Die gemittelten Maximalwerte unterscheiden sich kaum zwischen den beiden Verfahren und Untersuchungsvorgängen. (1.Untersuchung: OPG 2,62/ MRT 2,61; 2. Untersuchung: OPG 2,61/ MRT 2,61) Insgesamt gesehen, konnten nur geringfügige Unterschiede in der Bewertung der Gesamtschwierigkeit zwischen Röntgen und MRT eruiert werden. So wurde beispielsweise im OPG in der 1. Untersuchung und in der MRT-Untersuchung im Zuge der 2. Untersuchung öfter auf den Maximalwert zurückgegriffen. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Risikostratifizierungen durch den Index von Juodzbaly und

Daugela (6) im OPG und MR ähnlich sind. Daraus lässt sich grundsätzlich schließen, dass eine Einschätzung des Schwierigkeitsgrades von Weisheitszähnen auch im MR möglich ist.

Bei der detaillierten Gegenüberstellung der einzelnen Parameter fällt die Risikobewertung im OPG jedoch tendenziell höher aus, als bei dreidimensionaler Betrachtung. (Diagramm 2) Dies ist am Vergleich der Mittelwerte des jeweiligen Parameters zu erkennen. Je nach Parameter lassen sich mehr oder weniger hohe Übereinstimmungsraten zwischen OPG und MRT finden. Besonders gut stimmen die Bewertungen der Parameter M (72%) und S (77,9%) überein. Größere diagnostische Schwankungen ergeben sich bei der Beurteilung der Parameter R (57%) und C (56%). Während Parameter C die geringste Übereinstimmungsrate aufweist, ist die Streuung der Schwierigkeitsgrade bei R am größten. Die Ergebnisse für den Parameter C lassen sich insofern erklären, als dass eine dreidimensionale Betrachtung weniger risikoreiche Resultate liefern kann, da sich die Nervlage relativ zum Zahn in bukkolingualer und kranio-kaudaler Richtung genau bestimmen lässt. (62) Überlagern die Wurzelspitzen des Weisheitszahnes im Röntgen den Nervenkanal, so wird der bevorstehende Eingriff als „kompliziert“ klassifiziert, da von einem erhöhten nervalen Verletzungsrisiko ausgegangen werden muss. Betrachtet man die gleiche Situation 3-dimensional, stellt sich die vorliegende Lagebeziehung oft anders dar. Der Nerv zieht beispielsweise bukkal oder lingual der Wurzeln, ohne direkten Kontakt zum Zahn zu haben, vorbei und täuscht in der 2-dimensionalen Betrachtung eine ungünstige Lagebeziehung vor. (93) Die Übereinstimmung der Messergebnisse (Vergleich der 1. und 2. Messung pro Verfahren) innerhalb eines Untersuchers ist im OPG bei 3 der 4 Untersucherinnen und Untersucher höher einzustufen als in der MRT. Die Ausnahme bildet der Untersucher M (Facharzt für Radiologie), der im Rahmen der MRT-Untersuchung in seinen Messergebnissen besser übereinstimmt. Dies lässt sich möglicherweise auf die größte Erfahrung in der Beurteilung von MRT- Bilddaten zurückführen. Im Vergleich 2er Untersucherinnen und Untersucher (Oralchirurgin gegen Radiologen, Oralchirurgin gegen Student, Oralchirurgin gegen Oralchirurgin) fanden sich folgende Ergebnisse: Die höheren Kappawerte sowie die höheren prozentualen Übereinstimmungsraten belegen eine größere Homogenität der Röntgenuntersuchung. Der Vergleich der Messungen der beiden Oralchirurginnen zeigt den höchsten prozentualen Übereinstimmungsgrad. Dies lässt sich so erklären, dass die beiden Untersucherinnen in ihrer Ausbildung und praktischen Erfahrung die höchste Übereinstimmung aller Untersucherinnen und Untersucher aufweisen und auch bezüglich ihrer Lehrtätigkeit im Studentenbetrieb fachlich aufeinander abgestimmt sind.

Die Kernspintomographie liefert in der aktuellen Untersuchung generell wesentlich inkonstantere Messergebnisse als das OPG. Als Gründe für größere Messabweichungen im Bereich der MRT, bzw. die größere Messkonstanz des OPGs sind verschiedene

Ursachenkomplexe in Erwägung zu ziehen. Wie wir wissen, erfolgt die Befundung der MRT-Bilder in verschiedenen Schichten und Ebenen. Die vielfältigeren Ansichtsvarianten einer anatomischen Struktur bringen zweifelsohne wesentliche Vorteile bei der räumlichen Beurteilung. Dennoch kann sich dadurch, in Kombination mit mangelnden Vorkenntnissen, die „Fehleranfälligkeit“ bzw. die Varianz der Werte erhöhen. Konträre Ergebnisse sieht man im Röntgen, bei welchem exakt die gleiche Ebene für die 1. und 2. Vermessung herangezogen werden muss. Richtet man den Fokus auf die Erst- und Zweitbefundungen eines Untersuchers, so ist die Möglichkeit der steigenden „Erfahrungskurve“ zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass sich der Untersucher aufgrund zunehmender Routine von der 1. zur 2. Messung verbessert. Umgekehrt hieße dies, dass während des 1. Untersuchungsdurchganges mit größeren Unsicherheiten bei der Interpretation des Schwierigkeitsgrades zu rechnen ist. Ein entscheidender Faktor ist sicherlich das Ausmaß der Vorerfahrung auf dem Gebiet der Weisheitszahndiagnostik, bzw. die mitgebrachte Routine bei der Befundung von MRT- und Röntgenbildern. In der aktuellen Studie verfügte keiner der Untersucher über Vorkenntnisse auf dem Gebiet der dentalen MRT. Als am unerfahrensten in Bezug auf 3-dimensionale Diagnostik ist der Student einzustufen. Die beiden Oralchirurginnen sehen sich aufgrund ihrer Tätigkeit häufig mit anderen 3-dimensionalen Bildgebungsverfahren (CT, DVT) konfrontiert, weswegen eine gewisse Vorerfahrung zu erwarten war. Ähnliches gilt für den untersuchenden Radiologen. Dieser verfügt zwar über große Routine bei der Befundung von MR-Datensätzen, hat aber den Nachteil mangelnder Routine bei der Interpretation dentaler Aufnahmen (sowohl OPG als auch MRT). Zudem fehlen jegliche Vorkenntnisse in Bezug auf die Anwendung dentaler Risikostratifizierungsklassifikationen. Um Aufschluss über den Lerneffekt zu erhalten, wurden alle Messungen zusammengefasst und der Mittelwert berechnet. Die Abstände der einzelnen Messungen wurden mit dem Mittelwert verglichen. Beruft man sich auf die Hypothese des Lerneffekts, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Messwerte der 2. Messung weiter an den Mittelwert annähern sollten. Im Falle des Studenten ist sowohl in der MRT als auch beim OPG mit dem größten Lerneffekt und folglich insgesamt mit der größten Abweichung zwischen den beiden Messungen zu rechnen. Aufgrund der größeren Vorerfahrung der restlichen Befunderinnen und Befunder sollte die Streuung der Werte geringer ausfallen und die Ergebnisse von Anfang an näher am Mittelwert liegen. Wie die Auswertung der Untersuchung zeigt, kann von keinem positiven Lerneffekt die Rede sein. Während die Streuung der Werte nur bei der Untersucherin K (Oralchirurgin) konstant blieb, wurde diese bei den restlichen Befundern im Rahmen der 2. Untersuchung sogar größer. Möglicherweise wurde für den ersten Untersuchungsdurchgang mehr Zeit investiert, als für den Zweiten. Die Beurteilungsdauer pro Weisheitszahn war jedoch nicht Gegenstand der Untersuchung.

Es gilt, die Reliabilität der Klassifikation zur Risikostratifizierung kritisch zu hinterfragen. (6) Die mehr oder minder vollständige Beurteilbarkeit der Weisheitszähne spricht für eine gute und breitgefächerte Anwendbarkeit derselben. Von diesem Standpunkt aus gesehen, gilt die Klassifikation als probates Hilfsmittel für die Risikobewertung unterer Weisheitszähne. Allerdings berichteten sämtliche Untersucher über anfängliche Schwierigkeiten bei der Interpretation verschiedener Faktoren. Die *Parameter R, C und B (MRT)* wurden als die am diffizilsten zu beurteilenden Parametern genannt. Der Parameter R gibt an, inwieweit der Weisheitszahn von Ramus ascendens bedeckt wird. Parameter B beurteilt die bukkolinguale Ausrichtung des Weisheitszahnes im Kiefer. Der Parameter C bestimmt die Relation des N. alveolaris inferior. Das subjektive Gefühl der Untersucherinnen und Untersucher bestätigt sich in den Ergebnissen, wo die Parameter R, C und B (MRT) als diejenigen mit den niedrigsten Übereinstimmungsraten aller Faktoren aufscheinen. Die Problematik der Beurteilung bestand nach Angaben der Untersucher darin, dass die definierten Kriterien für die Zuordnung zu einem Schwierigkeitsgrad innerhalb eines Parameters oft zu viel Interpretationsspielraum zuließen. Konsekutiv ergaben sich geringere Übereinstimmungsraten. Besonders im Zuge der MRT-Untersuchung verschwammen die Grenzen zwischen den Schwierigkeitsgraden.

Die höheren Messschwankungen der MRT-Untersuchung in der aktuellen Studie blieben ohne weitere Konsequenz, da Unterschiede der Risikostratifizierung großteils niedrigere Risikostufen betrafen. Es kam also vor allem zu Verschiebungen der Schwierigkeitsgrade zwischen den Stufen „konventionell“, „einfach“ und „moderat“.

Das gewählte Studiendesign erfüllt den Zweck der unvoreingenommenen Untersuchung von Röntgen und MRT-Bildern eines Patienten/ einer Patientin. Dazu wurden die BefunderInnen verblindet. Wirft man einen Blick auf die im Praxisalltag verwendete Indikationsstellung für den Einsatz 3-dimensionaler Verfahren fällt folgendes auf: In der Regel kommt es erst dann zur Anwendung 3-dimensionaler Diagnostik, wenn die Grenzen des 2-dimensionalen Orthopantomogramms ausgelotet wurden. (44,94) Das heißt, anatomische Strukturen können nicht zufriedenstellend beurteilt werden, oder es besteht der Verdacht auf ungünstige Lagebeziehungen, die 3-dimensionaler Abklärung bedürfen. Anders als bei der aktuellen Studie, stützt man sich also auf Vorbefunde. Das gefertigte Röntgenbild gilt dabei als diagnostischer Bezugspunkt. Interessant wäre, inwiefern sich die gefundenen Ergebnisse ändern, würde das Studiendesign so modifiziert, sodass ein Zurate ziehen des Röntgenbildes erlaubt ist. Gerade im Hinblick auf die Streuung der Resultate der MRT-Untersuchung wäre diese Variante aufschlussreich.

Zu guter Letzt gilt es zu klären, ob die Kernspintomographie, basierend auf den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchung, als alternatives 3-dimensionales Bildgebungsverfahren für die Befundung unterer retinierter Weisheitszähne in Betracht gezogen werden kann.

Bezieht man lediglich das diagnostische Potential der MRT-Untersuchung in seine Überlegungen mit ein, so steht einer Anwendung der Kernspintomographie nichts im Wege.

Die erhöhte Varianz der Werte beeinflusst das therapeutische Vorgehen einer Weisheitszahnoperation im Rahmen dieser Studie nicht. Als „kompliziert“ zu klassifizierende Weisheitszähne werden in beiden Verfahren als solche erkannt. Die verschiedenen Gewebearten lassen sich mühelos gegeneinander abgrenzen. Die als diffizil geltende Beurteilung nervaler Strukturen ist gut durchführbar. Die Bildqualität ist vertretbar und erlaubt die adäquate Beurteilung anatomischer Lagebeziehungen. Negative gesundheitliche Folgen der MR-Untersuchung können nahezu ausgeschlossen werden (16). Die diagnostischen Eigenschaften der MRT klingen folglich vielversprechend. Nicht nur im Rahmen der retromolaren Diagnostik ist der Einsatz denkbar. Auch in diversen anderen zahnmedizinischen Fragestellungen kann von der Anwendung des Verfahrens profitiert werden(16).

Trotz der vielen positiven Aspekte, ist die Etablierung der Magnetresonanztomographie im zahnmedizinischen Routinebetrieb nach wie vor als problembehaftet anzusehen.(16)

So sind es die enormen Kosten, strenge bauliche Auflagen und die damit korrelierende Ressourcenknappheit, welche die Ausweitung des Anwendungsspektrums bremsen. Eine Herausforderung stellt außerdem die äußerst lange Aufnahmedauer dar. Abhilfe soll die angekündigte Einführung neuer Techniken schaffen, anhand derer eine Reduktion der Aufnahmeperiode erwirkt werden soll. (75) Die schlechte Verfügbarkeit der für zahnmedizinische Zwecke benötigten 3.0 Tesla Geräte spiegelt sich bei Betrachtung der steiermarkweiten Verteilung von Kernspintomographen wider. Nur in einigen wenigen radiologischen Zentren kann eine Untersuchung mittels 3.0-MR -Scanner durchgeführt werden. Vielfach wäre daher die zahnärztliche Überweisung an eines dieser Röntgeninstitute mit weiten Wegstrecken und langen Wartezeiten für den betroffenen Patienten verbunden. Erschwerend kommt die große Konkurrenz durch andere 3-dimensionale Verfahren hinzu. Als wesentlich komfortabler präsentiert sich beispielsweise die Anwendung der DVT. Ein deutlich geringerer Kostenaufwand, wenig Platzbedarf und die Möglichkeit der praxisinternen Installation machen das Verfahren attraktiv. Zusätzlich kann die DVT durch die wesentlich kürzere Aufnahmedauer punkten. (11) Schnell wird ersichtlich, dass es vor allem die benutzerunfreundlichen Rahmenbedingungen sind, die gegen die Anwendung der MRT im zahnmedizinischen Alltag sprechen. Gelänge es die Verfügbarkeit der Geräte zu verbessern, sowie den Kostenaufwand zu reduzieren, könnte das Verfahren einem breiteren Bevölkerungsspektrum zugänglich gemacht

werden. Bis es soweit ist, gilt die Etablierung der dentalen MRT ins Diagnostikschema universitärer Einrichtungen als oberste Prämisse. Erwiesenermaßen zeigt sich die MRT in einigen Belangen gegenüber anderen 3-dimensionalen Verfahren überlegen. (17) Weiters kann in vielen Fragestellungen von einer diagnostischen Gleichwertigkeit der MRT zu DVT und CT ausgegangen werden. In diesen Fällen kann und soll in Zukunft, zur Reduktion der ionisierenden Strahlenbelastung auf die MRT zurückgegriffen werden.

6 Conclusio

Die Anwendung der MRT im Rahmen der Risikostratifizierung des Unterkieferweisheitszahnes kann basierend auf den Studienergebnissen als probates Vorgehen bestätigt werden. In speziellen Fällen kann die MRT als Ersatz zum strahlenapplizierenden OPG angewendet werden.

7 Literaturverzeichnis

1. Elsey MJ, Rock WP. Influence of orthodontic treatment on development of third molars. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2000;38(4):350–3.
2. Peterson LJ, Ellis E, Hupp JR. *Contemporary oral and maxillofacial surgery.* Mosby; 2003.
3. Cassetta M, Pranno N, Barchetti F, Sorrentino V, Lo Mele L. 3.0 Tesla MRI in the early evaluation of inferior alveolar nerve neurological complications after mandibular third molar extraction: a prospective study. *Dento Maxillo Facial Radiol.* 2014;43(7):20140152.
4. Norbert Schwenzer, Michael Ehrenfeld. *Zahnärztliche Chirurgie. 4., vollständig bearbeitete und erweiterte Auflage.* Thieme; 2009. 18-34 p.
5. Flygare L, Ohman A. Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal. *Clin Oral Investig.* 2008;12(4):291–302.
6. Juodzbaly G, Daugela P. Mandibular third molar impaction: review of literature and a proposal of a classification. *J Oral Maxillofac Res.* 2013;4(2):e1.
7. Bataineh AB. Sensory nerve impairment following mandibular third molar surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001;59(9):1012–7.
8. Hillerup S, Jensen R. Nerve injury caused by mandibular block analgesia. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 35(5):437–43.
9. 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.
10. Renton T, Hankins M, Sproate C, McGurk M. A randomised controlled clinical trial to compare the incidence of injury to the inferior alveolar nerve as a result of coronectomy and removal of mandibular third molars. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Feb;43(1).
11. Kirnbauer B, Jakse N, Acham S. 3D-Diagnostik (DVT/CT) in der Zahnheilkunde - Wann, wann, warum. *Stomatologie.* 2014;111(Journal Article):80–5.
12. Cassetta M, Stefanelli LV, Pacifici A, Pacifici L, Barbato E. How Accurate Is CBCT in Measuring Bone Density? A Comparative CBCT-CT In Vitro Study: Bone Density Assessment. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014 Aug;16(4):471–8.
13. Tantanapornkul W, Okouchi K, Fujiwara Y, Yamashiro M, Maruoka Y, Ohbayashi N, et al. A comparative study of cone-beam computed tomography and conventional panoramic radiography in assessing the topographic relationship between the mandibular canal and impacted third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Feb;103(2):253–9.
14. Brenner DJ. Estimating cancer risks from pediatric CT: going from the qualitative to the quantitative. *Pediatr Radiol.* 2002 Apr;32(4):228–1; discussion 242–4.

15. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim K-P, Mahesh M, Gould R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med.* 2009 Dec 14;169(22):2078–86.
16. Fiehler J. Möglichkeiten und Perspektiven der dentalen Kernspintomographie. *Quintessenz.* 2014;65(6):741–9.
17. Chau A. Comparison between the use of magnetic resonance imaging and conebeam computed tomography for mandibular nerve identification. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(2):253–6.
18. Edited by Anderhuber, Friedrich/ Pera, Franz/ Streicher, Johannes. *Waldeyer - Anatomie des Menschen Lehrbuch und Atlas in einem Band.* 19. Auflage. DE GRUYTER; 2012. 697-872 p.
19. Hafferl, Anton, Walter Thiel. *Lehrbuch der topographischen Anatomie.* Dritte Auflage. Springer Verlag; 1969.
20. Rauber A, Kopsch F, Tillman B. *Anatomie des Menschen,* in 4 Bdn. Stuttgart, New York: Thieme; 2003.
21. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Schünke M. *Kopf, Hals und Neuroanatomie: 123 Tabellen.* 3., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012. 583 p.
22. Henry Gray, Revised by Warren H. Lewis. *Anatomy of the Human Body.* 20th ed. Philadelphia and New York: Lea and Febiger; 1918.
23. Hubert E. Schroeder. *Orale Strukturbiologie.* 5. unveränderte Auflage. Thieme; 2000.
24. Odusanya SA, Abayomi IO. Third molar eruption among rural Nigerians. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991 Feb;71(2):151–4.
25. Kruger E, Thomson WM, Konthasinghe P. Third molar outcomes from age 18 to 26: Findings from a population-based New Zealand longitudinal study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;92(2):150–5.
26. Hattab FN, Abu Alhaija ESJ. Radiographic evaluation of mandibular third molar eruption space. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(3):285–91.
27. Rood JP, Shehab BA. The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1990;28(1):20–5.
28. Archer WH. *Oral Surgery: A Step-By-Step Atlas of Operative Techniques.* 4th ed. W.B. Saunders Company; 1966. p. p.507–10.
29. Peterson LJ. Peterson LJ. Principles of Management of Impacted Teeth. In: Peterson LJ, Ellis E III, Hupp JR, Tucker MR, editors. *Contemporary Oral and Maxillofacial Surgery,* 3rd ed. St. Louis: Mosby; 1998. p. 215-48.
30. Univ.-Prof. DDr. Norbert Jakse, Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie. *Skriptum Orale Chirurgie I, Retinierte Zähne.* 2013;

31. Bishara SE, Andreasen G. Third molars: A review. *Am J Orthod.* 1983 Feb;83(2):131–7.
32. Grover PS, Lorton L. The incidence of unerupted permanent teeth and related clinical cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1985 Apr;59(4):420–5.
33. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod.* 1969 Jun;55(6):585–99.
34. Bermudez de Castro JM. Third molar agenesis in human prehistoric populations of the Canary Islands. *Am J Phys Anthropol.* 1989 Jun;79(2):207–15.
35. Lytle JJ. Etiology and indications for the management of impacted teeth. *Northwest Dent.* 1995 Dec;74(6).
36. Yamaoka M, Tambo A, Furusawa K. Incidence of inflammation in completely impacted lower third molars. *Aust Dent J.* 1997 Jun;42(3):153–5.
37. Removal of third molars. Sponsored by the National Institute of Dental Research, November 28-30, 1979. *Natl Inst Health Consens Dev Conf Summ.* 1979;2:65–8.
38. Koerner KR. The removal of impacted third molars. Principles and procedures. *Dent Clin North Am.* 1994 Apr;38(2):255–78.
39. Bux P, Lisco V. Ectopic third molar associated with a dentigerous cyst in the subcondylar region: report of case. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 1994 Jun;52(6):630–2.
40. Medici A, Raho MT, Anghinoni M. Ectopic third molar in the condylar process: case report. *Acta Bio-Medica Ateneo Parm Organo Della Soc Med E Sci Nat Parma.* 2001;72(5-6):115–8.
41. Wassouf A, Eyrich G, Lebeda R, Gratz KW. Surgical removal of a dislocated lower third molar from the condyle region: case report. *Schweiz Monatschrift Zahnmed Rev Mens Suisse Odonto-Stomatol Riv Mens Svizzera Odontol E Stomatol SSO.* 2003;113(4):416–20.
42. 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.* 2011 Jan;40(1).
43. Bui CH, Seldin EB, Dodson TB. Types, frequencies, and risk factors for complications after third molar extraction. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2003;61(12):1379–89.
44. Ghaeminia H, Meijer GJ, Soehardi A, Borstlap WA, Mulder J, Bergé SJ. Position of the impacted third molar in relation to the mandibular canal. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography compared with panoramic radiography. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Sep;38(9):964–71.
45. Pell GJ, Gregory BT. Impacted mandibular third molars: classification and modified techniques for removal. *Dent Digest.* 1933;39:330–8.

46. Chuang S-K, Perrott DH, Susarla SM, Dodson TB. Risk factors for inflammatory complications following third molar surgery in adults. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2008 Nov;66(11):2213–8.
47. Akadiri OA, Obiechina AE. Assessment of difficulty in third molar surgery--a systematic review. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(4):771–4.
48. Winter G.B. Impacted mandibular third molars. St. Louis: American Medical Book Co.; 1926. p. p. 241–79.
49. Almendros-Marques N, Berini-Aytes L, Gay-Escoda C. Evaluation of intraexaminer and interexaminer agreement on classifying lower third molars according to the systems of Pell and Gregory and of Winter. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2008 May;66(5):893–9.
50. Garcia AG, Sampedro FG, Rey JG, Vila PG, Martin MS. Pell-Gregory classification is unreliable as a predictor of difficulty in extracting impacted lower third molars. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2000 Dec;38(6).
51. Pederson GW. *Oral Surgery.* Philadelphia: WB Saunders; 1988.
52. Bali A, Bali D, Sharma A, Verma G. Is Pederson Index a True Predictive Difficulty Index for Impacted Mandibular Third Molar Surgery? A Meta-analysis. *J Maxillofac Oral Surg.* 2013;12(3):359–64.
53. Kipp DP, Goldstein BH, Weiss WWJ. Dysesthesia after mandibular third molar surgery: a retrospective study and analysis of 1,377 surgical procedures. *J Am Dent Assoc.* 1980 Feb;100(2):185–92.
54. Tay ABG, Go WS. Effect of exposed inferior alveolar neurovascular bundle during surgical removal of impacted lower third molars. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2004 May;62(5).
55. Valmaseda-Castellon E, Berini-Aytes L, Gay-Escoda C. Inferior alveolar nerve damage after lower third molar surgical extraction: a prospective study of 1117 surgical extractions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001 Oct;92(4):377–83.
56. Van der Stelt PF. Filmless imaging: the uses of digital radiography in dental practice. *J Am Dent Assoc.* 2005 Oct;136(10):1379–87.
57. Visser H, Hermann KP, Bredemeier S, Kohler B. [Dose measurements comparing conventional and digital panoramic radiography]. *Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie MKG.* 2000 Jul;4(4):213–6.
58. Juodzbaly G, Wang H-L. Guidelines for the Identification of the Mandibular Vital Structures: Practical Clinical Applications of Anatomy and Radiological Examination Methods. *J Oral Maxillofac Res [Internet].* 2010 Apr 23 [cited 2015 Jun 2];1(2). Available from: <http://www.ejomr.org/JOMR/archives/2010/2/e1/e1ht.htm>

59. Khan I, Halli R, Gadre P, Gadre KS. Correlation of Panoramic Radiographs and Spiral CT Scan in the Preoperative Assessment of Intimacy of the Inferior Alveolar Canal to Impacted Mandibular Third Molars: *J Craniofac Surg*. 2011 Mar;22(2):566–70.
60. Koch G, Poulsen S. Pediatric dentistry a clinical approach [Internet]. Chichester, UK; Ames, Iowa: Wiley-Blackwell; 2009 [cited 2015 Jun 2]. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=577227>
61. Neugebauer J, Shirani R, Mischkowski RA, Ritter L, Scheer M, Keeve E, et al. Comparison of cone-beam volumetric imaging and combined plain radiographs for localization of the mandibular canal before removal of impacted lower third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008 May;105(5):633–42; discussion 643.
62. Peker I, Sarikir C, Alkurt MT, Zor ZF. Panoramic radiography and cone-beam computed tomography findings in preoperative examination of impacted mandibular third molars. *BMC Oral Health*. 2014;14(Journal Article):71–6831 – 14–71.
63. Harris D, Horner K, Grondahl K, Jacobs R, Helmrot E, Benic GI, et al. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(11):1243–53.
64. Naitoh M, Ariji E, Okumura S, Ohsaki C, Kurita K, Ishigami T. Can implants be correctly angulated based on surgical templates used for osseointegrated dental implants? *Clin Oral Implants Res*. 2000 Oct;11(5):409–14.
65. Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2006 May;35(3):152–7.
66. Hussain AM, Packota G, Major PW, Flores-Mir C. Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2008 Feb;37(2).
67. Katakami K, Shimoda S, Kobayashi K, Kawasaki K. Histological investigation of osseous changes of mandibular condyles with backscattered electron images. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2008 Sep;37(6):330–9.
68. Fuhrmann A. *Zahnärztliche Radiologie*. Stuttgart: Thieme; 2013.
69. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2006;35(4):219–26.
70. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2003;32(4):229–34.

71. Geva T. Magnetic resonance imaging: Historical perspective. *J Cardiovascular Magn Reson.* 2006;8(Journal Article):573–80.
72. Bag AK, Gaddikeri S, Singhal A, Hardin S, Tran BD, Medina JA, et al. Imaging of the temporomandibular joint: An update. *World J Radiol.* 2014;6(8):567–82.
73. Lamot U, Strojan P, Šurlan Popovič K. Magnetic resonance imaging of temporomandibular joint dysfunction–correlation with clinical symptoms, age, and gender. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013 Aug;116(2):258–63.
74. Weishaupt D. KVD, Marincek B. *Wie funktioniert MR?* Berlin: Springer; 2014.
75. Weiger M, Pruessmann KP, Bracher A-K, Kohler S, Lehmann V, Wolfram U, et al. High-resolution ZTE imaging of human teeth. *NMR Biomed.* 2012 Oct;25(10):1144–51.
76. Baumann P, Widek T, Merckens H, Boldt J, Petrovic A, Urschler M, et al. Dental age estimation of living persons: Comparison of MRI with OPG. *Forensic Sci Int.* 2015 Jun 9;253.
77. Cassetta M, Pranno N, Pompa V, Barchetti F, Pompa G. High resolution 3-T MR imaging in the evaluation of the trigeminal nerve course. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2014;18(2):257–64.
78. Ferretti F, Malventi M, Malasoma R. Dental magnetic resonance imaging: study of impacted mandibular third molars. *Dento Maxillo Facial Radiol.* 2009;38(6):387–92.
79. Idiyatullin D, Corum C, Moeller S, Prasad HS, Garwood M, Nixdorf DR. Dental magnetic resonance imaging: making the invisible visible. *J Endod.* 2011;37(6):745–52.
80. Tymofiyeva O, Rottner K, Jakob PM, Richter EJ, Proff P. Three-dimensional localization of impacted teeth using magnetic resonance imaging. *Clin Oral Investig.* 2010;14(2):169–76.
81. Nakada T. Clinical application of high and ultra high-field MRI. *Brain Dev.* 2007 Jul;29(6):325–35.
82. Bendszus M, Stoll G. Technology Insight: visualizing peripheral nerve injury using MRI. *Nat Clin Pract Neurol.* 2005 Nov;1(1):45–53.
83. Filler AG, Kliot M, Howe FA, Hayes CE, Saunders DE, Goodkin R, et al. Application of magnetic resonance neurography in the evaluation of patients with peripheral nerve pathology. *J Neurosurg.* 1996 Aug;85(2):299–309.
84. Deng W, Chen S-L, Zhang Z-W, Huang D-Y, Zhang X, Li X. High-resolution magnetic resonance imaging of the inferior alveolar nerve using. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2008 Dec;66(12):2621–6.
85. Terumitsu M, Seo K, Matsuzawa H, Yamazaki M, Kwee IL, Nakada T. Morphologic evaluation of the inferior alveolar nerve in patients with sensory disorders by high-resolution 3D volume rendering magnetic resonance neurography on a 3.0-T system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Jan;111(1).

86. Amemiya S, Aoki S, Ohtomo K. Cranial nerve assessment in cavernous sinus tumors with contrast-enhanced 3D fast-imaging employing steady-state acquisition MR imaging. *Neuroradiology*. 2009 Jul;51(7):467–70.
87. Cassetta M, Pranno N, Pompa V, Barchetti F, Pompa G. High resolution 3-T MR imaging in the evaluation of the trigeminal nerve course. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2014;18(2):257–64.
88. Zhou Q, Liu Z-L, Qu C-C, Ni S-L, Xue F, Zeng Q-S. Preoperative demonstration of neurovascular relationship in trigeminal neuralgia by using 3D FIESTA sequence. *Magn Reson Imaging*. 2012 Jun;30(5):666–71.
89. Ploder O, Partik B, Rand T, Fock N, Voracek M, Undt G, et al. Reperfusion of autotransplanted teeth--comparison of clinical measurements by means of dental magnetic resonance imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2001;92(3):335–40.
90. Gahleitner A, Watzek G, Imhof H. Dental CT: imaging technique, anatomy, and pathologic conditions of the jaws. *Eur Radiol*. 2003;13(2):366–76.
91. Eggers G, Rieker M, Fiebach J, Kress B, Dickhaus H, Hassfeld S. Geometric accuracy of magnetic resonance imaging of the mandibular nerve. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2005;34(5):285–91.
92. Abu-El Naaj I, Braun R, Leiser Y, Peled M. Surgical approach to impacted mandibular third molars--operative classification. *J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2010;68(3):628–33.
93. Szalma J, Lempel E, Jeges S, Szabo G, Olasz L. The prognostic value of panoramic radiography of inferior alveolar nerve damage after mandibular third molar removal: retrospective study of 400 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;109(2):294–302.
94. Ohman A, Kivijarvi K, Blomback U, Flygare L. Pre-operative radiographic evaluation of lower third molars with computed tomography. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2006;35(1):30–5.