



DIPLOMARBEIT

Wurzelkanalanatomie der ersten oberen
Molaren: eine Mikro-CT-Studie

eingereicht von

Mario Griessner

Geburtsdatum: 18.09.1981

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Institut für Anatomie

unter der Anleitung von

Ao.Univ.-Prof. Dr.med.univ. Andreas Weiglein

Sen.Scientist Dr.med.dent. Lumnije Kqiku-Biblekaj

Graz, am

Eidesstattliche Erklärung:

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und unter Verwendung der angegebenen Literaturquellen verfasst habe und die angegebenen Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Mario Griessner

Zusammenfassung

Ziel: Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Wurzelkanalanatomie der ersten oberen Molaren anhand von Micro-CT Bildern zu untersuchen.

Methoden: Vollständig entwickelte und unbehandelte erste Oberkiefermolaren wurden anhand von Micro-CT Bildern untersucht. Die Anzahl und Konfiguration der Wurzelkanäle wurde ermittelt.

Ergebnisse: Zu 62% konnte ein zweiter mesiobukkaler Kanal gefunden werden.

Erkenntnisse: Die mesiobukkale Wurzel der ersten oberen Molaren hat zu 62% zwei Kanäle. Eine Micro-CT Untersuchung kann die Darstellung des mesiobukkalen Wurzelkanalsystems deutlich verbessern. Diese Untersuchungsergebnisse sind sehr wichtig und hilfreich für die Qualität von Wurzelkanalbehandlungen.

Abstract

Aim: To assess the root canal anatomy of the maxillary first molar using micro-computed tomography (micro-CT) images.

Methods: Untreated and well-developed maxillary first (n = 50) molars were examined by using in vitro micro-CT methods. The number and configuration of root canals were determined.

Results: MB2 canal was present: 62%

Conclusion: Mesio Buccal roots of maxillary molar teeth had in 62% two root canals. Micro-Ct can enhance the detection of the mesiobuccal root-canal system.

This findings are very important for the quality of root canal treatment.

Key Words: Micro computed tomography, anatomy, root canal, maxillary first molar.

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG.....	1
ANATOMISCHE GRUNDLAGEN.....	2
MAXILLA	2
Corpus Maxillae	3
Processus Alveolaris (Zahnfortsatz)	5
Processus Zygomaticus (Jochfortsatz)	5
Processus palatinus (Gaumenfortsatz).....	6
Processus frontalis (Stirnfortsatz)	6
OS PALATINUM.....	7
PALATUM DURUM ET MOLLE.....	8
NERVENVERSORGUNG DES OBERKIEFERS	11
NERVUS TRIGEMINUS.....	11
Nervus ophthalmicus (V1).....	13
Nervus lacrimalis	13
Nervus frontalis.....	13
Nervus nasociliaris	14
NERVUS MAXILLARIS (V2).....	14
Nervi Pterygopalatini	15
Nervus zygomaticus	16
Nervus Infraorbitalis	16
Plexus dentalis superior	17
NERVUS MANDIBULARIS (V3).....	18
Ramus meningeus	18
Nervus buccalis	19
Nervus auricotemporalis	19
Nervus alveolaris inferior	19
Nervus lingualis	19
Nervus massetericus	20
Nervi temporales profundi.....	21
Nervus pterygoideus lateralis	21
Nervus pterygoideus medialis.....	21

ODONTOGENESE	22
Ersatzzahnkeime	27
Zuwachszahnkeime.....	27
Gestaltung der Zahnform.....	28
Pulpa	29
ENDODONTIE	31
Zielsetzungen.....	31
Zugangskavität.....	31
Der obere erste Molar	32
Lokalisation der Kanäleingänge	33
Wurzelkanalkonfiguration	36
MATERIAL UND METHODEN.....	38
Materialauswahl.....	38
Mikro-CT Untersuchung.....	38
ERGEBNISSE.....	39
DISKUSSION	42
KONKLUSION.....	43
LITERATURVERZEICHNIS	44

Einleitung

Anhand von Ausgusspräparaten konnte schon vor beinahe 100 Jahren, im Jahr 1917, das Vorhandensein eines zweiten mesiobukkalen Wurzelkanals nachgewiesen werden. (1) Zur Häufigkeit eines zusätzlichen 4. Wurzelkanals bei den ersten oberen Molaren findet man jedoch bis heute die unterschiedlichsten Angaben, welche von 51,5% (2) bis 96,6% (3) variieren können. Es gibt keine prospektive Studie zur Erfolgsquote von Wurzelkanalbehandlungen an Oberkiefermolaren, die die Behandlung versus Nichtbehandlung eines mb2 untersucht, aber endodontische Misserfolge können nicht behandelte Wurzelkanäle als Ursache haben. (4) In 66% aller endodontischen Misserfolge bei erster Molaren konnten Walcott et. al. einen mb2 entdecken (5), daher muss ein nicht aufgefundener bzw. nicht aufgesuchter mb2 als ätiologischer Faktor für den Misserfolg durchaus diskutiert werden. (4)

Der Einsatz eines Dentalmikroskopes als Vergrößerungshilfe in Kombination mit entsprechender Helligkeit und Trockenheit des Arbeitsgebietes führt zu häufigerem Auffinden eines mb2, wobei der Unterschied nicht in allen Studien signifikant ausfällt. Gute anatomische Kenntnisse der Pulpakammer und Wurzeln von ersten oberen Molaren sind die entscheidenden Voraussetzungen, um einen zusätzlichen Wurzelkanal entdecken zu können. (4) Mit Hilfe eines solchen Mikroskops gelang es 2011 einen oberen ersten Molaren mit 3 Wurzeln und Sage und Schreibe 8 Wurzelkanalsystemen erfolgreich zu reinigen, in Form zu bringen und abzufüllen. (6)

Die vorliegende Arbeit soll durch die Auswertung von 50 Mikro-CT Bildern eine genauere Aussage über die Anzahl der Wurzelkanäle ermöglichen und damit die Grundlage für eine suffizientere Aufbereitung und Obturation darstellen.

Die Aussage, dass der erste Oberkiefermolar auch als der „vermutlich am häufigsten behandelte, aber am wenigsten verstandene Seitenzahn mit der höchsten Misserfolgsrate“ bezeichnet wird, sollte für jeden Behandler in höchstem Maße Ansporn und Motivation sein, sich der Anwesenheit eines zweiten mesiobukkalen Wurzelkanals bewusst zu werden. (7) Es gilt also bei jeder Behandlung einen vierten Kanal mit Sicherheit auszuschließen, und nicht nur pro forma einen zu suchen. Dafür ist es außerordentlich wichtig, eine möglichst exakte Aussage zur Häufigkeit treffen zu können.

Anatomische Grundlagen

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf dem ersten oberen Molaren, welcher an sechster Position in der Zahnreihe des Oberkiefers steht. Das Oberkiefer ist Teil des Mittelgesichtes und lässt sich dem Gesichtsschädel zuordnen. Daher sind gute anatomische Kenntnisse dieser Region unerlässlich.

Der Schädel lässt sich in zwei Hauptanteile unterteilen, den Hirnschädel (Neurocranium) und den Gesichtsschädel (Viscerocranium). Die Grenzlinie der beiden Teile verläuft von der Nasenwurzel durch die Augenbrauen bis zur Gehörgangsöffnung. Die paarigen Maxillae, Ossa zygomatica, Ossa palatina, Ossa lacrimalia, Ossa nasalia, Conchae nasales inferiores sowie der unpaare Vomer und die Mandibula bilden zusammen den Gesichtsschädel. Diese Schädelknochen sind mit durchgehenden Knochenverbindungen untereinander verbunden, den sogenannten Synarthrosen, die im Gegensatz zu echten Gelenken, wie zum Beispiel dem Kiefergelenk, so gut wie keine Bewegungen zulassen. Alle Knochen des Gesichtsschädels, mit Ausnahme der Mandibula, stehen mit der Maxilla in direkter Verbindung.

In der Frontalansicht kann der Schädel zusätzlich in drei Abschnitte unterteilt werden:

- Obergesicht (umfasst Stirnteil bis zum Unterrand der Orbita)
- Mittelgesicht (von der Apertura piriformis bis zur Zahnreihe des Oberkiefers)
- Untergesicht (Mandibula) (8)

Maxilla

Die Maxilla entwickelt sich im Laufe des Wachstums des Menschen zum voluminösesten Knochen des Gesichtsschädels und ist somit wesentlich für die Form des Gesichtes verantwortlich. Neben dem Corpus lassen sich weitere vier Fortsätze unterscheiden, welche am Aufbau des Gaumens sowie der Augen- und Nasenhöhlen mitbeteiligt sind.

Corpus Maxillae

Der Corpus ist zunächst nicht entfaltet, erst durch das Wachstum der Zahnanlagen gewinnt er nach und nach an Höhe und kann in seinem Inneren die Kieferhöhlen bilden, welche die größten der Nasennebenhöhlen darstellen. An der tiefsten Stelle des konkaven Bodens der Maxilla liegt die Wurzel des ersten Mahlzahns, die Alveole des Eckzahnes hingegen liegt meist vor dem Sinus. Die Alveolen aller weiteren Zähne liegen in enger Lagebeziehung zum Sinus. Sinusitiden können ihren Ursprung daher sowohl rhinogen über das Cavum nasi als auch dentogen über die Wurzel des ersten Molaren haben.

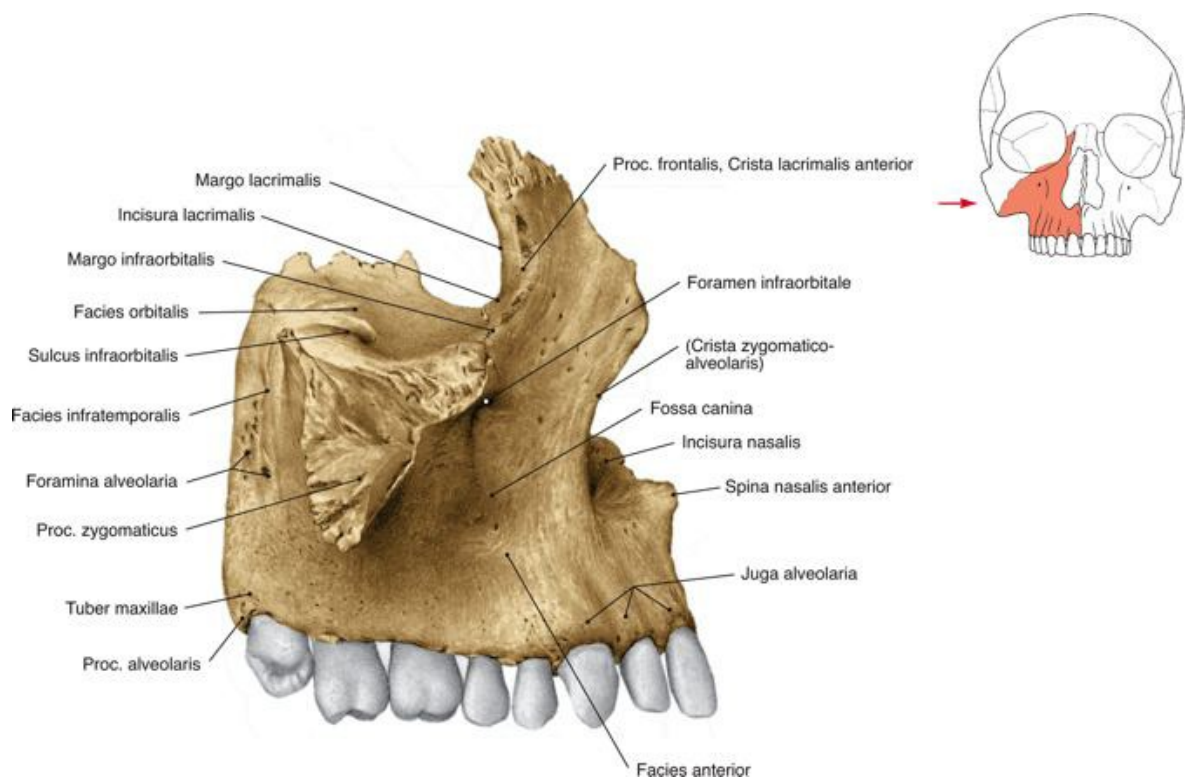


Abbildung 1: Maxilla. Quelle: (9) S. 49.

Am Corps maxillae unterscheidet man vier Flächen:

- Facies anterior
- Facies orbitalis
- Facies nasalis
- Facies infratemporalis

Die Vorderfläche der Maxilla, **Facies anterior**, ist an der medialen Seite so ausgeformt, dass sie die vordere Nasenöffnung, Apertura piriformis, bildet. Die Fossa canina entsteht durch eine leichte Einziehung kurz über Processus alveolaris. Oberhalb der Fossa canina liegt das Foramen infraorbitale, welches den Austrittspunkt des Nervus infraorbitalis darstellt. Dieser Nerv verläuft im Canalis infraorbitalis, der seinen Beginn am Boden der Orbita mit dem Sulcus infraorbitalis hat.

Der Kanal ist in der oberen Wand des Oberkiefers, **Facies orbitalis**, gelegen, welche nur mit einer dünnen Knochenlamelle gegen die Kieferhöhle abgegrenzt ist. Der hintere abgestumpfte Rand der Facies orbitalis begrenzt zusammen mit dem großen Keilbeinflügel die Fissura orbitalis inferior.

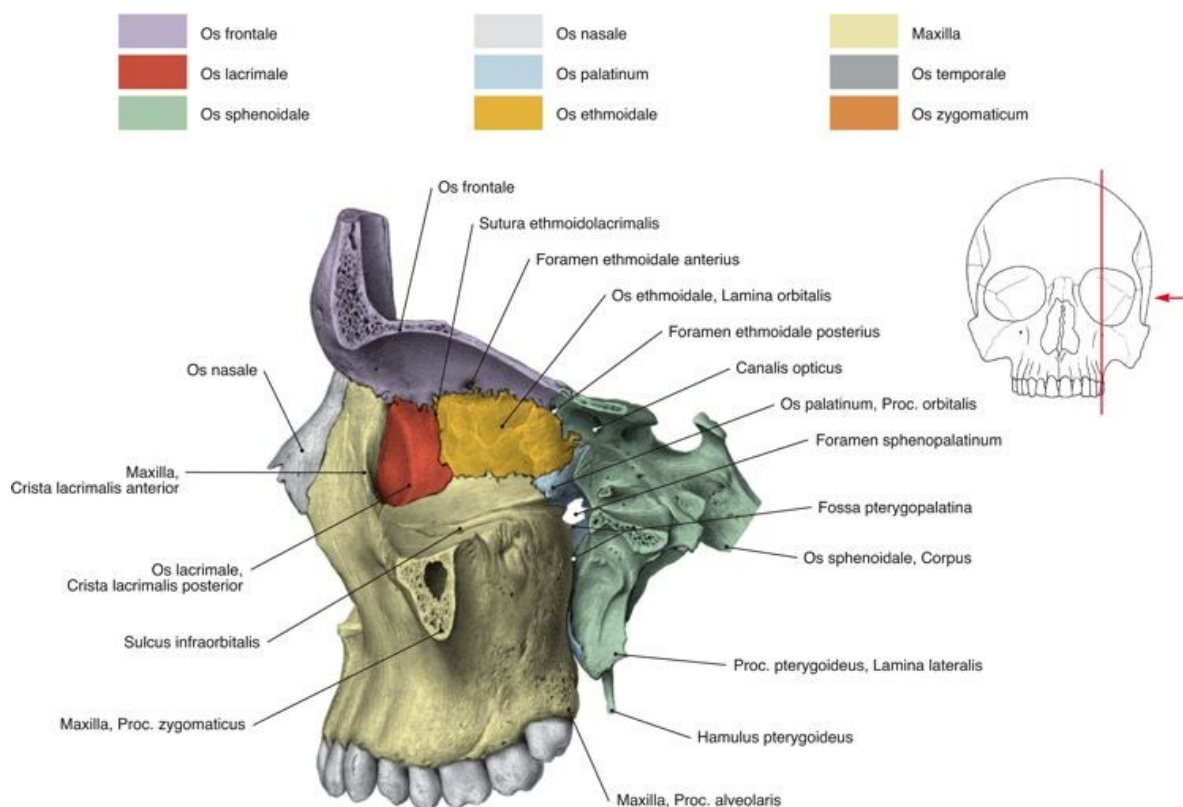


Abbildung 2: Corpus maxillae, mediale Orbitawand. Quelle: (9) S. 55.

Die der Nasenhöhle zugewandte **Facies Nasalis** trägt am isolierten Knochen den weiten Hiatus maxillaris. Seine Öffnung wird durch die Lamina perpendicularis des Gaumenbeins, den Processus maxillaris der unteren Nasenmuschel, den Processus uncinatus und die Bulla ethmoidalis zu einem sichelförmigen Spalt, dem Hiatus semilunaris, eingeengt.

Die hintere Fläche des Oberkiefers, **Facies infratemporalis**, schaut gegen die Flügelgaumengrube und besitzt an ihrem Tuber maxillae mehrere kleine Foramina alveolaria zum Eintritt der Zahnerven, die in den Canales alveolares zu den einzelnen Zähnen gelangen. (10)

Processus Alveolaris (Zahnfortsatz)

Die Zahnfächer, Alveoli dentales, werden vom Zahnbogen getragen. Sie sind durch Scheidewände, Septa interalveolaria, voneinander getrennt, und in spongiösen Knochen eingebettet. Für mehrwurzelige Zähne, wie auch unser erster oberer Molar einer ist, stehen im Zahnfach weitere Unterteilungen, Septa interradicularia, für jede Zahnwurzel zur Verfügung. Der über dem Alveolarfortsatz des Oberkiefers liegende Basalbogen ist in der Lage den enormen Kaudruck des stomatognathen Systems aufzunehmen und in die Schädelbasis weiterzuleiten. Die Zahnwurzeln wölben den Knochen an den Außenflächen zu den Joga alveolaria vor, die bis in die facies anterior des Corpus maxillae reichen. Die beiden Gaumenfortsätze, Processi palatini, verbinden die Bogen der beiden Seiten.

Processus Zygomaticus (Jochfortsatz)

Durch den Jochfortsatz ist der Oberkiefer über das Jochbein mit dem Stirnbein und dem Schläfenbein verbunden. Dorsal lehnt sich die Maxilla an das stabile Widerlager des Processus pterygoideus des Keilbeins an und es zeigt einen flachen Vorsprung, den Tuber maxillae. (10)

Processus palatinus (Gaumenfortsatz)

Den größeren vorderen Anteil des Palatum durum bilden die beiden Gaumenfortsätze, welche durch die Sutura palatina mediana miteinander verbunden sind. Die dadurch entstehende schmale Leiste, Crista nasalis, setzt sich nach vorne als Spina nasalis anterior fort. (10)

Johann Wolfgang von Goethe entdeckte den Zwischenkieferknochen (Os incisivum, Praemaxilla), der die oberen Schneidezähne trägt und beschrieb seine Entdeckung im März 1784 folgendermaßen: „Dem Menschen wie den Tieren ist ein Zwischenknochen der oberen Kinnlade zuzuschreiben“. (11) Da er sehr früh mit den übrigen Knochen zur Maxilla verschmilzt, ist er nur bei Neugeborenen und Kindern in den ersten Lebensmonaten, selten bei Erwachsenen, am knöchernen Gaumen durch eine Naht, Sutura incisiva, nachweisbar. Das Foramen incisivum liegt am Scheitelpunkt dieser Naht. Es stellt den Austrittspunkt des Canalis incisivus dar, der Mund-, und Nasenhöhle miteinander verbindet und durch den Nervus nasopalatinus und Vasa nasopalatina geführt werden. (10)

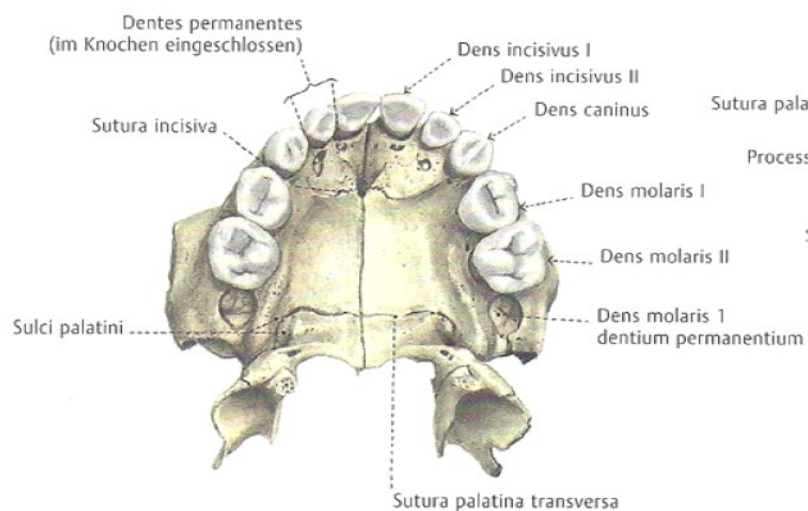


Abbildung 3: Maxilla. Quelle: (12) S. 124.

Processus frontalis (Stirnfortsatz)

Der Stirnfortsatz ist zusammen mit einer hinter der Crista lacrimalis gelegenen Einziehung an der Bildung der Fossa sacci lacrimalis (Tränensackgrube), beteiligt. Zusätzlich bildet er mit dem Sulcus lacrimalis (Tränenfurche), dem Tränenbein und der unteren Muschel den Canalis nasolacrimalis (Tränenkanal).

Os Palatinum

Zwischen Maxilla und Processus pterygoideus ossis sphenoidalis liegt das Gaumenbein. Es vervollständigt mit einer vertikalen Platte, Lamina perpendicularis, die laterale Nasenwand und setzt sich dorsal mit einer horizontalen Platte, Lamina horizontalis, am Processus palatinus fort.

An der **Lamina horizontalis** lassen sich folgende anatomische Strukturen beschreiben. Crista nasalis: Knochenkamm, zu dem sich die mediane Gaumennaht dorsalwärts erhebt und der seine Fortsetzung in der Spina nasalis posterior findet. Am dorsalen Rand des harten Gaumens in Höhe des dritten Molaren mündet der Canalis palatinus major ins Foramen palatinum majus.

Die **Lamina perpendicularis**, eine dünne, senkrecht stehende Platte, legt sich anterior an die Maxilla und bedeckt einen Teil der Öffnung des Sinus maxillaris, wobei ein spezielles Knochenplättchen, der Processus maxillaris, über den Rand dieser Öffnung hängt. Dorsal legt sich die Lamina perpendicularis an den Flügelfortsatz des Os sphenoidale.

Die Crista conchalis ist eine waagrechte Leiste an der gegen die Nasenhöhle gerichteten Fläche zur Anlagerung der unteren Muschel. Darüber liegt die mittlere Muschel, Crista ethmoidalis.

Die Incisura sphenopalatina ist ein Ausschnitt am oberen Rand der Lamina perpendicularis, der durch den Corpus ossis sphenoidalis zum Foramen sphenopalatinum geschlossen wird. Das Foramen führt von der Nasenhöhle in die Flügelgaumengrube.

Der Sulcus palatinus major ist eine Längsfurche auf der Außenfläche der vertikalen Platte, die durch Maxilla und Processus pterygoideus zum Canalis palatinus major geschlossen wird.

Der Canalis palatinus major steigt an der Außenfläche der vertikalen Lamelle nach abwärts und mündet am Gaumen mit dem Foramen palatinum majus. Die canales palatini zweigen von ihm ab, durchsetzen den Processus pyramidalis und enden an dessen Basalfläche mit den Foramina palatina minora.

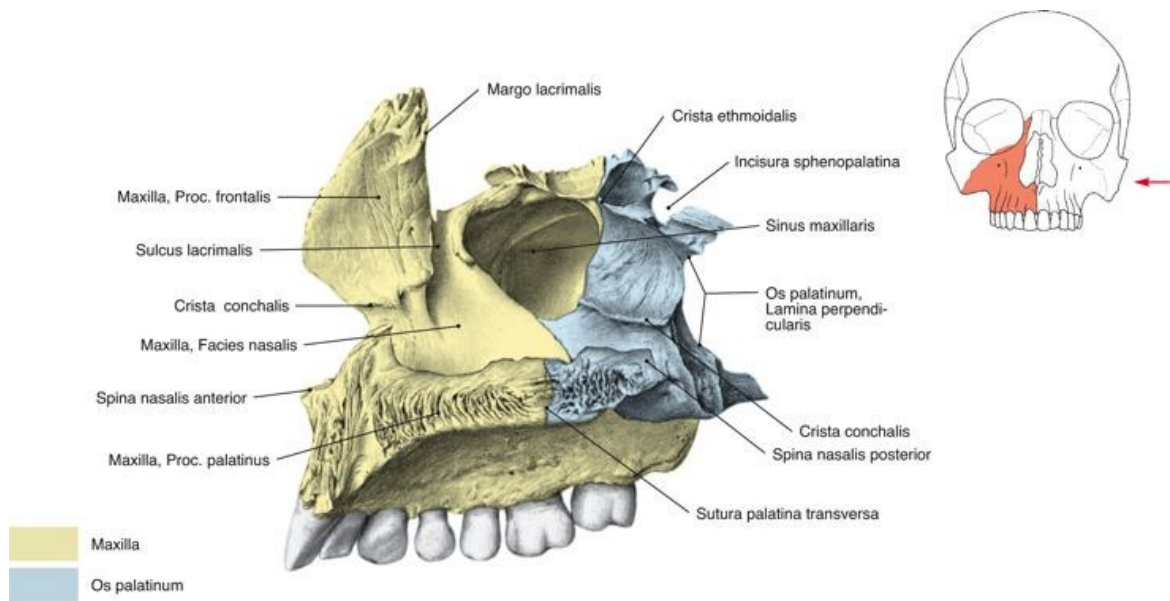


Abbildung 4: Maxilla, Os palatinum. Quelle: (9) S. 49.

Der Processus pyramidalis erstreckt sich nach hinten unten, legt sich an das hintere Ende des Alveolarfortsatzes, ragt zwischen die beiden Lamellen des Flügelfortsatzes des Keilbeins und hilft so die Fossa pterygoidea zu bilden. Er ist durchbohrt von den Canales palatini, welche in die Foramina palatina minora münden.

Der Processus orbitalis ist nach anterior und leicht lateral gerichtet und schaltet sich zwischen Oberkiefer, Siebbein und Keilbeinkörper ein. Der gegen das Siebbein gerichtete Teil ist ausgehöhlt, um eine Siebbeinzelle zu bedecken. Eine Fläche erreicht die Orbita in ihrer dorsalen medialen Ecke, eine weitere wendet sich gegen die Flügelgaumengrube.

Der hintere Fortsatz, Processus sphenoidalis, liegt hinter der Incisura sphenopalatina und legt sich an die Unterfläche des Keilbeins an. (10)

Palatum durum et molle

Das Dach der Mundhöhle wird vom harten und weichen Gaumen, Palatum durum et molle, gebildet und nach vorne und zur Seite hin vom Arcus alveolaris superior mit den Zähnen begrenzt. (10) Der harte Gaumen trennt die Mundhöhle von den

Nasenhöhlen. Er besteht aus einer Knochenplatte, die beidseits mit Schleimhaut bedeckt ist. Die Oberseite bildet den Boden der Nasenhöhlen und trägt respiratorisches Epithel, die Unterseite ist von mehrschichtig unverhorntem Plattenepithel bedeckt. (13) Der knöcherne Anteil des Gaumens wird von drei Strukturen gebildet: Von vorne beginnend aus dem Os incisivum als Träger der Schneidezähne, in der Mitte von der Maxilla mit den Processus palatini und nach dorsal von den Lamina horizontalis ossis palatini. Die mediane Gaumennaht, Sutura palatina mediana, hält die beiden Teile in der Mittellinie zusammen, die Querverbindung zum Oberkiefer wird durch die Sutura palatina transversa hergestellt. Den dorsalen Anschluß des harten Gaumens bilden die Keilbeinflügel, Processus pterygoidei, welche weiters die dorsale und laterale Grenze der Nasenhöhle bilden.

Die derbe Schleimhaut, die das Dach der Mundhöhle bedeckt, ist fest und unverschiebbar mit ihrer knöchernen Unterlage verbunden. In ihrem Relief sind querstehende Falten, Rugae palatinae, ausgeformt. Dort, wo sich die Rugae in der Mitte der Verbindungslinie der beiden Eckzähne treffen, liegt die Papilla incisiva, welche die Lage des Foramen incisivum anzeigt. Ausgehend vom Foramen incisivum lässt sich gelegentlich eine Spur der Zwischenkiefernaht, Sutura incisiva, erkennen. Das weitere Gaumenrelief entsteht durch Gefäßfurchen, die vom Foramen palatinum majus aus in unterschiedlicher Tiefe nach vorne ziehen.

Rachenwärts findet die Schleimhaut des harten Gaumens ihre Fortsetzung mit dem Gaumensegel, Velum palatinum, und dem Zäpfchen, Uvula, des weichen Gaumens, Palatum durum. Durch die von den Schlundbögen gebildete Enge des Isthmus faucium geht der Gaumen dorsal in den Pharynx über. Die Gaumenmandel, Tonsilla palatina, kommt zwischen dem vorderen und hinteren Schlundbogen, Arcus palatoglossus et palatopharyngeus, zu liegen.

Die Grundlage des weichen Gaumens bildet eine Aponeurose in die alle Gaumenmuskeln einstrahlen. Das Gaumensegel wird vom M. tensor veli palatini gespannt, der gleichzeitig für das Öffnen des Lumens der Tuba auditiva zur Durchlüftung des Mittelohres beim Schlucken und Gähnen verantwortlich ist. Er hat seinen Ursprung in der Fossa scaphoidea des Keilbeins und der seitlichen

Tubenwand. Seine Sehne umschließt den hamulus pterygoideus und strahlt von medial in die Aponeurose ein.

An der Unterseite des Felsenbeins entspringt der M. levator veli palatini, der das Gaumensegel nach oben an die Pharynxwand heranhebt.

Der Musculus palatoglossus und M. palatopharyngeus strahlen als Muskeln des vorderen und hinteren Gaumenbogens von unten und lateral in die Aponeurose ein. Entwicklungsgeschichtlich sind die Muskeln des weichen Gaumens von unterschiedlicher Herkunft, daher werden sie von verschiedenen Hirnnerven (IX und X) bzw. einem kleinen Ästchen aus (V) für den M. tensor veli palatini innerviert. (10)

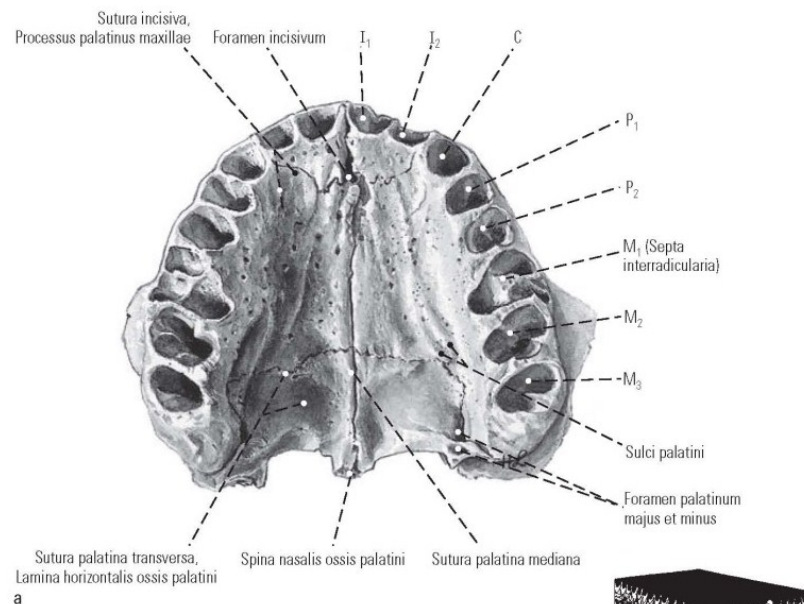


Abbildung 5: Palatum osseum. Quelle: (14) S. 300

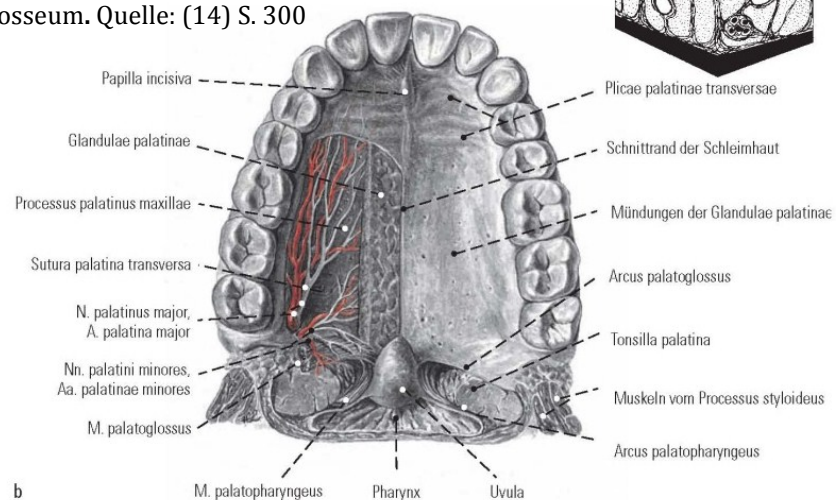


Abbildung 6: Weichteile des Gaumens. Quelle: (14) S. 300.

Nervenversorgung des Oberkiefers

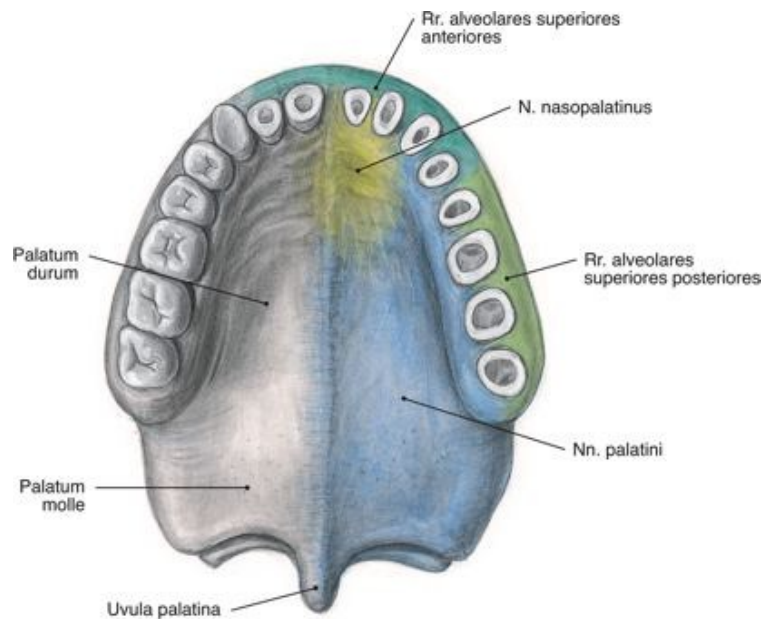


Abbildung 7: Nervenversorgung des Oberkiefers, sensibel. Quelle: (9) S. 102.

Nervus trigeminus

Der Nervus trigeminus, der Nerv des dritten Kiemenbogens, tritt mit einer sensiblen Radix sensoria (Portio major) und einer motorischen Radix motoris (Portio minor) seitlich aus der Pons aus, wobei die Portio major kaudal der Portio minor zu liegen kommt. Beide Anteile ziehen gemeinsam zur mittleren Schädelgrube. Das große Ganglion trigeminale (Ganglion gasserii) liegt über dem Foramen lacerum vor der Spitze der Felsenbeinpyramide auf einer Impressio trigemini in einer mit Liquor cerebrospinalis gefüllten Duratasche. Die Radix motoris legt sich dem Nervus mandibularis an, welcher vom Ganglion trigeminale abgeht. Die drei Hauptäste des Nervus trigeminus gehen von der Vorderseite des Ganglion trigeminale aus ab:

- Nervus Ophthalmicus
- Nervus Maxillaris
- Nervus mandibularis

Ein Ausfall der Radix motoria führt zur Lähmung der Kaumuskulatur, welche einseitig oder beidseitig vorkommen kann. Ein einseitiger Ausfall zeigt sich durch Abweichen des Unterkiefers zur kranken Seite hin mit gleichzeitigem Hochstand des

Gaumensegels. Tumore, Schädelbrüche oder Aneurysmen können zu Schäden an den peripheren Trigeminasästen führen. Ist der Ausfall beidseitig, hängt der Unterkiefer hinunter und lässt keine Schließ- oder Seitwärtsbewegungen mehr zu. Sensible Ausfälle treten meist nur einseitig auf und betreffen die Sensibilität der Schleimhäute von Mund, Auge, Nase und Zähnen. Der Ausfall des Lidschlussreflexes kann zu Verletzungen des Auges bzw. einer Keratitis neuroparalytica führen. Auch der Nies-, Lid- und Gaumenreflex können ausfallen. Angeborene Trigeminasläsionen wie beim Moebius-Syndrom sind sehr selten, jedoch besteht die Gefahr der iatrogenen Trigeminaschädigung bei Leitungsanästhesie des Nervus alveolaris inferior oder Verletzung des Nervus lingualis bei Weisheitszahnoperationen im Unterkiefer. Eine Parodontitis apikalis, Pulpitis oder dolor post extraktionem können eine Neuritis auslösen – die Ursache der essentiellen Trigeminalneuralgie ist nach wie vor unbekannt. (8) Symptome einer solchen Neuralgie sind blitzartige starke Schmerzattacken, die in Serien und bis zu 100 Mal pro Tag auftreten können und meistens das Versorgungsgebiet des zweiten Trigeminasastes betreffen. (15). Hilfestellung bei der Diagnostik gibt die Palpation der Trigeminasdruckpunkte an den Austrittsstellen des Gesichtschädels. Hierbei können der Nervus supraorbitalis in der Mitte des Orbitaaberrandes, der Nervus Infraorbitalis 1 cm unter der Mitte des Orbitaunterrandes und der Nervus Mentalis zwischen dem ersten und zweiten Prämolaren in der Mitte des Unterkieferastes palpiert werden. (14)

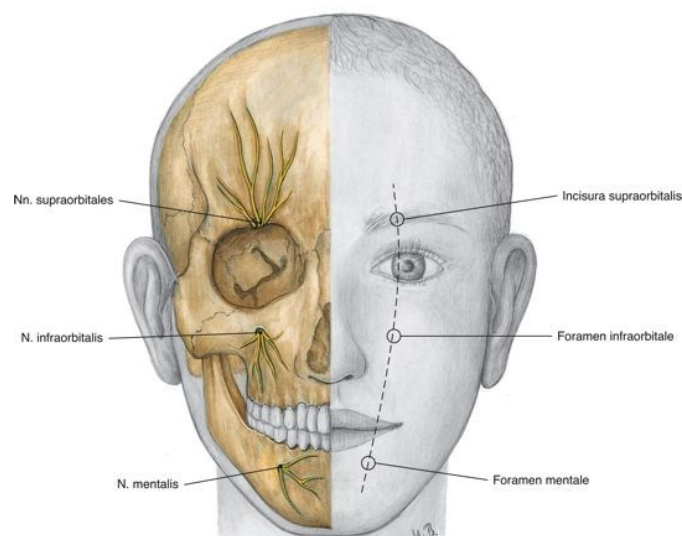


Abbildung 8: Trigeminasdruckpunkte. Quelle: (9) S. 655.

Nervus ophthalmicus (V1)

Der Nervus ophthalmicus versorgt die Schleimhäute der Stirn- und Keilbeinhöhlen sowie die Nasenscheidewand. Er gibt einen rückläufigen Ramus tentorius ab und teilt sich in den N. lacrimalis, N. frontalis und N. nasolacrimalis. Seine Äste ziehen durch die Fissura orbitalis superior in die Augenhöhle.

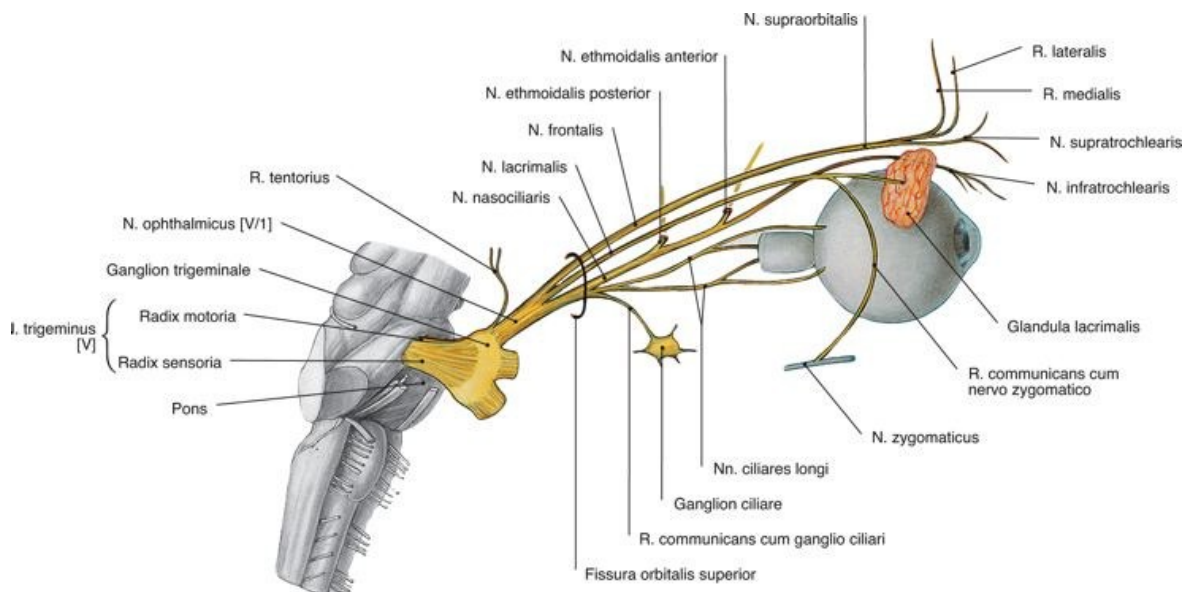


Abbildung 9: N. ophthalmicus. Quelle: (9) S. 654.

Nervus lacrimalis

Mit Hilfe eines Ramus communicans erhält er postganglionäre, parasymphathisch-sekretorische Fasern vom N. zygomaticus zur Innervation der Tränendrüse und der Haut des lateralen Augenwinkels.

Nervus frontalis

Der Nervus teilt sich etwa in der Hälfte seiner Intraorbitalen Verlaufsstrecke in N. supratrochlearis und N. supraorbitalis. Der N. supraorbitalis tritt durch die Incisura supraorbitalis aus und zeichnet für die Versorgung von Conjunctiva, Oberlid und Stirnhaut verantwortlich.

Nervus nasociliaris

Der N. nasociliaris verlässt die Fissura orbitalis superior und verläuft unter dem Musculus rectus superior an der medialen Orbitawand und teilt sich in mehrere Äste auf. Als erstes zieht der Ramus communicans cum ganglion ciliari durch das Ganglion ciliare um mit Fasern aus dem Ganglion als Nn. ciliares breves in den Augapfel einzutreten. Die Nn. ciliares longi dringen direkt ohne Kontakt zum Ganglion in den Bulbus ein. Durch das Foramen ethmoidale posterius verläuft der N. ethmoidalis posterior zur Innervation der Keilbeinhöhle und den hinteren Siebbeinzellen. Unterstützt wird er dabei vom N. ethmoidalis anterior, dieser tritt aus dem Foramen ethmoidale anterius aus, verläuft extradural in der Schädelhöhle, um sie durch die Siebbeinplatte wieder zu verlassen. Sein Versorgungsgebiet sind der Sinus frontalis, die vorderen Siebbeinzellen und ein vorderer Anteil der Dura. Zusätzlich entsendet er Rr. Nsales, interni, laterales, mediales et externi zur sensiblen Versorgung von Nasenschleimhaut der Haut an Nasenspitze und Nasenflügel. Den Endast stellt der N. infratrochlearis dar. Von ihm werden der Tränensack und durch Rr. Palpebrales Teile des Oberlides und der Haut des medialen Augenwinkels versorgt.

Nervus maxillaris (V2)

Der Nervus maxillaris ist ebenfalls ein rein somatoafferenter Nerv. Er tritt durch das Foramen rotundum aus der mittleren Schädelgrube in die Fossa pterygopalatina, um sich von dort aus in seine weiteren Äste aufzuteilen. Das parasymphatische Ganglion pterygopalatinum der N. facialis lagert sich ihm schon in der Fossa mediokaudal an. Gemeinsam mit den sekretorischen postganglionären Fasern des Ganglion ziehen die Äste des N. maxillaris zu Teilen der Gesichtshaut, Tränendrüse, Nasenschleimhaut, Mundschleimhaut und den Zähnen des Oberkiefers. Die 3 Hauptäste der N. maxillaris sind der N. Infraorbitalis, N. zygomaticus und die Nn. pterygopalatini.

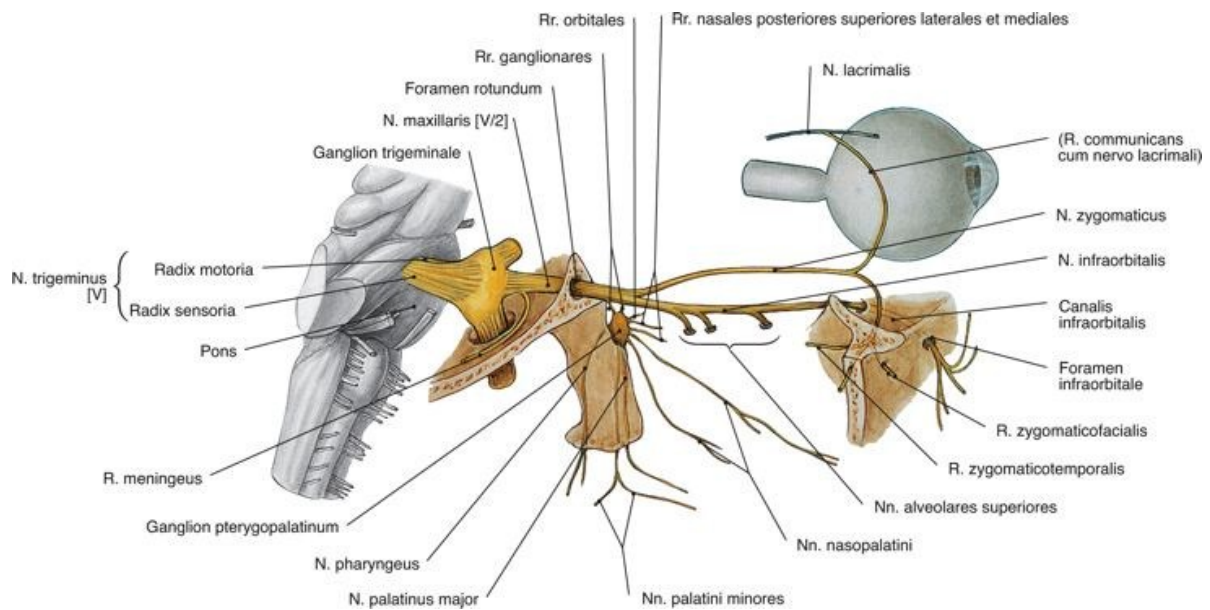


Abbildung 10: N. maxillaris. Quelle: (9) S. 654.

Nervi Pterygopalatini

Zu ihnen gehören zwei bis manchmal drei Nerven, welche ohne auf ein Neuron übergeleitet zu werden durch das Ganglion pterygopalatinum zum weichen Gaumen, der Tonsilla palatina und in die Gingiva ziehen.

Die **Rami orbitales** treten durch die Fissura orbitalis inferior in die Augenhöhle und versorgen Orbita, Keilbeinhöhle und die hinteren Siebbeinzellen.

Durch das Foramen sphenopalatinum treten die **Rr. Nasales posteriores superiores laterales** zur Innervation des oberen Pharynx und der lateralen Nasenwand.

Der Canalis incisivus leitet den **N. incisivus** zur vorderen Gaumenschleimhaut und palatinalen Gingiva.

Weicher Gaumen, Tonsilla palatina und Gingiva gehören zum Versorgungsgebiet des **Nervus palatinus major** und der **Nn. palatini minores** die durch die gleichnamigen Canales palatinus major et minores ziehen.

Nervus zygomaticus

Durch die Fissura orbitalis inferior verlässt er die Fossa pterygopalatina und lehnt sich der lateralen Orbitawand an, um kurz vor dem Eintritt in das Foramen zygomaticoorbitale den Ramus communicans n. lacrimalis cum n. zygomatico mit den aus dem Ganglion pterygopalatinum stammenden Fasern für die Tränendrüsen abzugeben. Weitere zwei Äste teilen sich innerhalb des Jochbeines auf:

Der **Ramus zygomaticotemporalis** durchsetzt den M. und die Fascia temporalis zur sensiblen Versorgung von Teilen der Schläfen- und Stirnhaut. Die Haut über dem Jochbein und dem lateralen Augenwinkel wird vom R. zygomaticofacialis innerviert. Um dorthin zu gelangen muss er den M. Orbicularis oculi durchbohren. Durch die Foramina zygomaticotemporalis et zygomaticofacialis treten beide Nerven wieder aus dem Os zygomaticum aus.

Nervus Infraorbitalis

Sein Austrittspunkt ist das Foramen infraorbitale, welches er aus der Fossa pterygopalatina heraus durch die Fissura orbitalis inferior und zuletzt den Sulcus infraorbitalis am Boden der Orbita erreicht, wo er aus der Maxilla austritt. Der größte der drei Maxillarisäste teilt sich an dieser Stelle fächerförmig in seine Endäste auf.

Die **Rr. Palpabrales inferiores** sind für das Unterlid zuständig, die **Rr. Nasaes externi** für die Schleimhaut der lateralen Nasenwand und die **Rr. Labiales superiores** für Haut und Schleimhaut der Oberlippe sowie Teile der labialen Gingiva.

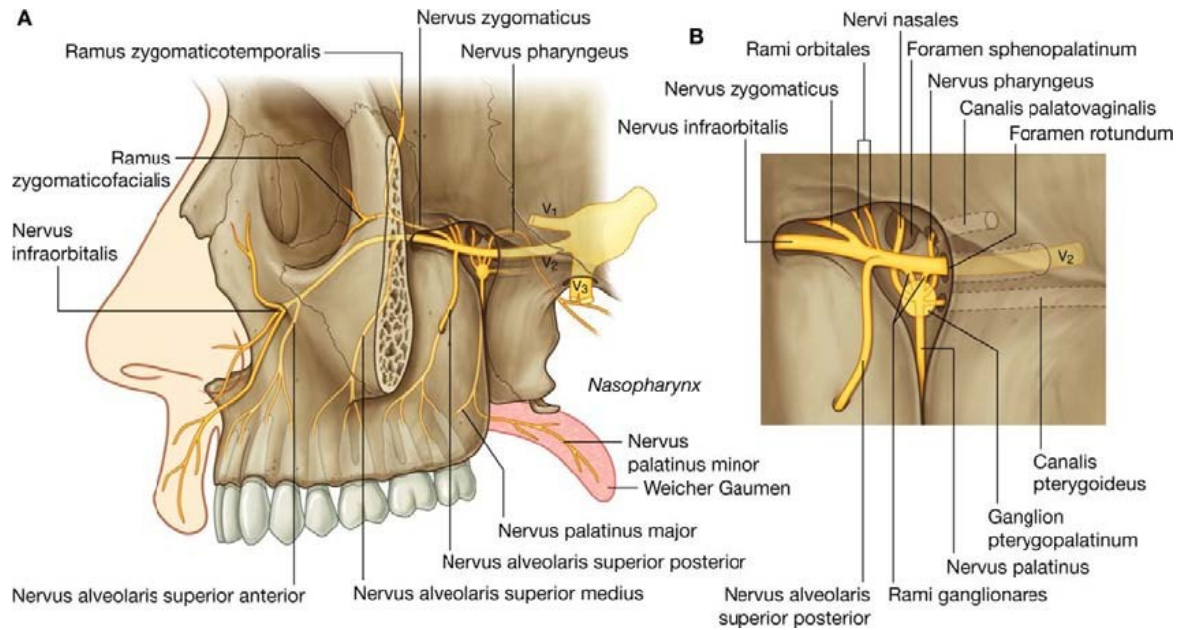


Abbildung 11: N. maxillaris, Ganglion pterygopalatinum. Quelle: (13) S. 929.

Plexus dentalis superior

Der Nervus infraorbitalis gibt während seiner gesamten Verlaufsstrecke und auch innerhalb des Canalis infraorbitalis eine Vielzahl von Rr. Alveolares ab. Je nach Topographie ihres Austrittsortes bezeichnet man sie als **Rr. alveolares superiores posteriores, R. alveolaris superior medius oder Rr. alveolares superiores anteriores**. Alle diese Äste bilden gemeinsam den Plexus dentalis superior. Von ihm Ausgehend verlaufen die **Rr. dentales superiores** zu den einzelnen Zahnwurzeln, die **Rr. gingivales superiores** zur Gingiva. Die Foramina alveolaria leiten die Äste über die Canales alveolares vom Tuber maxillae zum Plexus dentalis superior. Nicht jedem Zahn kann genau ein Nervenast zugeordnet werden, prinzipiell kann man jedoch davon ausgehen, dass die Rr. alveolares superiores posteriores hauptsächlich die Molaren innervieren, der R. alveolaris superior medius die Prämolaren und die Rr. alveolares superiores anteriores den Eckzahn und die Schneidezähne innervieren. Die Rr. alveolares superiores anteriores überschreiten die Grenze zur kontralateralen Seite hin in unterschiedlichem Ausmaß und werden in der Folge vom Nervus nasopalatinus bei ihrer Aufgabe unterstützt. Zum Innervationsgebiet der Rr. alveolares superiores posteriores und des R. alveolaris superior medius gehört zusätzlich auch noch die Seitenwand der Kieferhöhle. (8) (16) (17)

Nervus mandibularis (V3)

Dem an sich somatoafferenten N. mandibularis schließt sich die motorische Portio minor des N. trigeminus an. Beide Teile verlassen so als gemischter Nerv die Schädelgrube durch das Foramen ovale, kurz darunter schmiegt er sich an das parasympathische Ganglionoticum des N. glossopharyngeus an. Gesichtshaut, Unterkieferzähne Mund- und Zungenschleimhaut werden sensorisch von fünf Ästen versorgt.

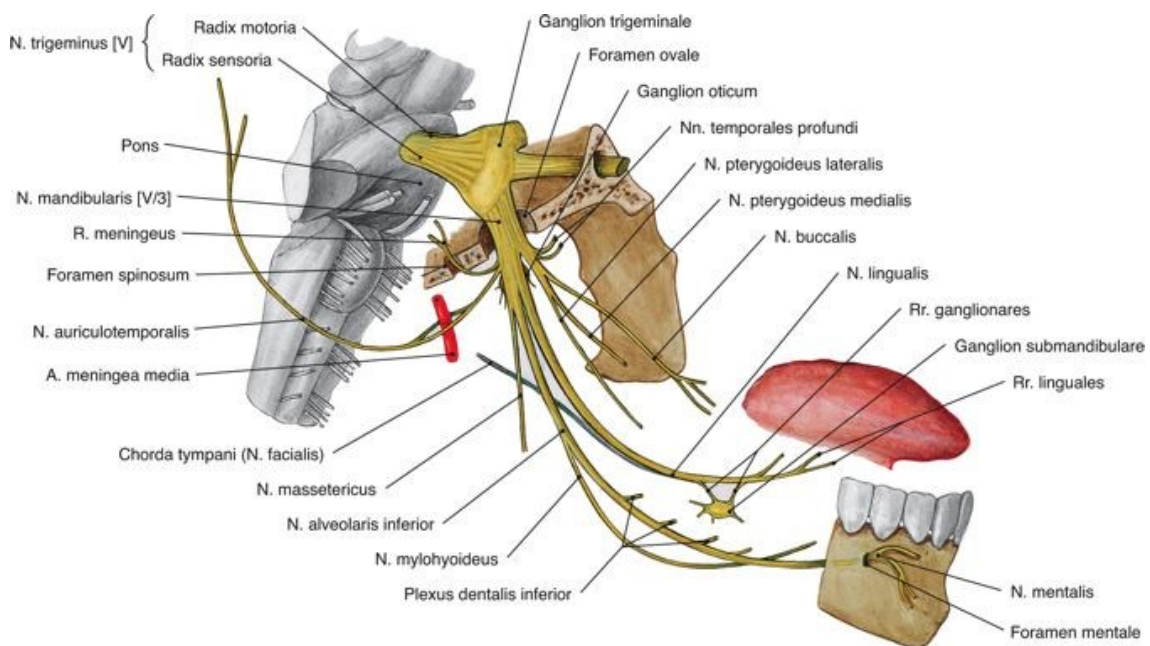


Abbildung 12: N. mandibularis. Quelle: (9) S. 655.

Ramus meningeus

Er geht aus dem Stamm des N. mandibularis unter dem Foramen ovale hervor, zieht zusammen mit der Arteria meningea media durch das Foramen spinosum und innerviert die Dura mater der mittleren Schädelgrube, die Schleimhaut des Sinus sphenoidalis und der Cellulae mastoideae sensibel.

Nervus buccalis

Zwischen den beiden Köpfen des M. pterygoideus lateralis zieht er an der Außenfläche des M. buccinator vorbei zur äußeren Wangenhaut und erreicht mit weiteren Verästelungen auch die Wangenschleimhaut und die bukkale Gingiva des Unterkiefers. Sein Innervationsgebiet kann sich zwischen dem Eckzahn und der Region des letzten Molaren ausbreiten.

Nervus auricotemporalis

Nachdem er mit seinen beiden Wurzeln die Arteria meningea media umschlossen hat, lagert er sich hinter dem Collum mandibulae an die A. Temporalis superficialis an um die Haut der Schläfengegend versorgen zu können. Weitere noch kleinere Äste dienen der Versorgung der Glandula parotidea (Rr. parotidei), dem äußeren Gehörgang (N. meatus acustici externi) sowie des Trommelfells (Rr. membranae tympani) und des Kiefergelenks (Rr. temporales superficiales).

Nervus alveolaris inferior

Dieser Nerv gilt als stärkster Ast des N. mandibularis und beinhaltet sowohl motorische als auch sensible Fasern. Nachdem er die Mm. Pterygoidei medialis et lateralis passiert hat, dringt er gemeinsam mit den gleichnamigen Gefäßen durch das Foramen mandibulae in den Canalis mandibulae ein. Für die Gingiva und die Zähne des Unterkiefers entsendet er aus dem Canalis mandibulae die Rr. dentales inferiores und die Rr. gingivales inferiores. Diese Äste sind durch den Plexus dentalis inferior miteinander verbunden. Durch das Foramen mentale gelangen mit dem Nervus mentalis die Endverzweigungen des N. alveolaris inferior zur Haut des Kinns und der Unterlippe.

Nervus lingualis

Er verläuft bogenförmig vor dem N. alveolaris inferior, zwischen M. pterygoideus medialis und lateralis am Mundboden über der Glandula submandibularis aber doch unmittelbar unter der Mundbodenschleimhaut. Er unterfährt seitlich den Ductus

submandibularis und dringt unterhalb des seitlichen Randes der Zunge in den Zungenkörper ein. Der weiche Gaumen und die Schleimhaut des Mundbodens werden über die Rr. isthmi faucium und den N. sublingualis versorgt. Zudem übernimmt der N. lingualis die sensorische Innervation der vorderen zwei Drittel des Zungenrückens. Die Chorda tympani lagert sich mit sekretorischen Fasern und Geschmacksfasern an den Nerv an, während er sich zwischen M. pterygoideus medialis und M. pterygoideus lateralis befindet.

Die motorische Portio minor versorgt die gesamte Kaumuskulatur, beinhaltet auch propriozeptive Fasern und teilt sich wie folgt auf:

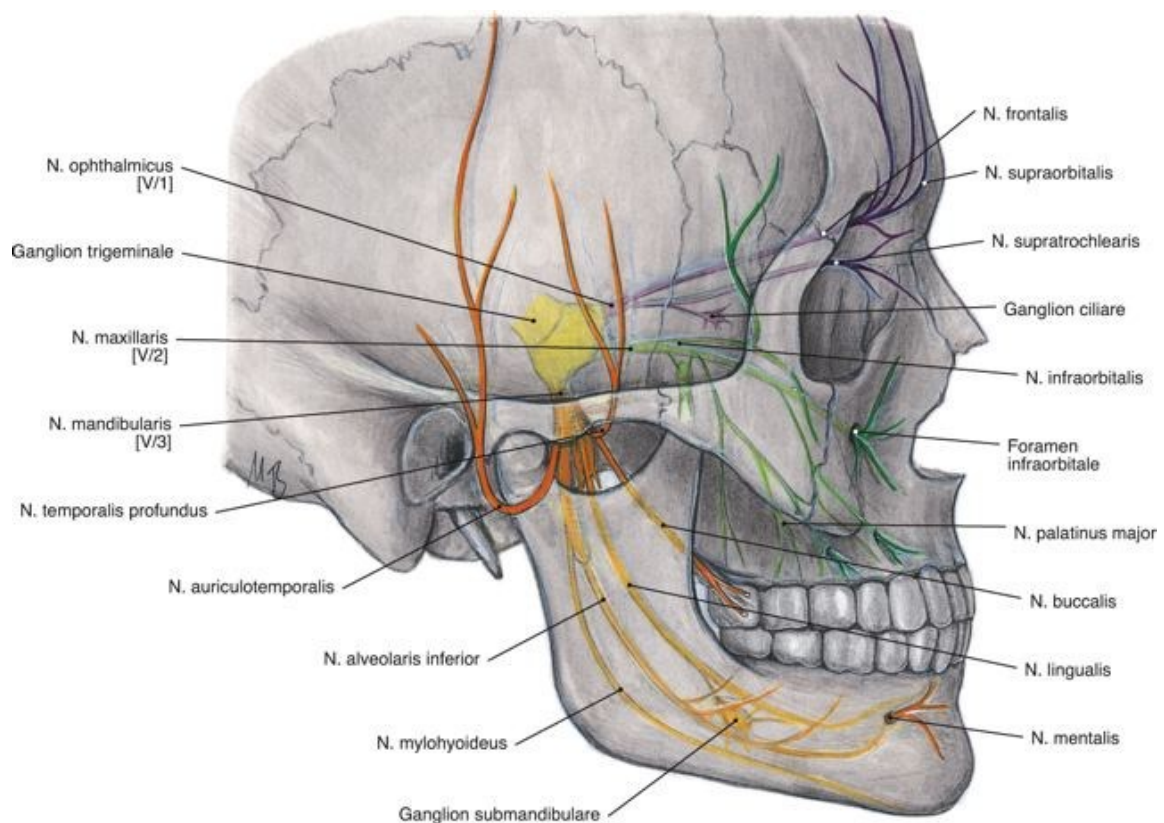


Abbildung 13: Nervus trigeminus. Quelle: (9) S. 79.

Nervus massetericus

Der N. massetericus ist für die motorische Innervation des M. masseter zuständig, er verläuft zwischen Facies infratemporalis des Sphenoids und M. pterygoideus lateralis, taucht unter die Sehne des M. temporalis und zieht durch die Incisura mandibulae zur

Innenseite des Masseter. Ist er im Bereich des Kiefergelenks, gibt er auch für das Kiefergelenk kleinere sensible Äste ab.

Nervi temporales profundi

Bis zur Crista temporalis ist ihr Verlauf ähnlich dem des N. massetericus. Sie beteiligen sich ebenso an der Innervation des Kiefergelenks, ziehen dann aber direkt zum M. temporalis, um ihn motorisch zu versorgen.

Nervus pterygoideus lateralis

Der N. pterygoideus lateralis entspringt gemeinsam mit dem N. buccalis, verläuft unter ihm bis zur Stelle wo dieser in den M. pterygoideus eintritt. Er widmet sich ausschließlich der Versorgung des M. pterygoideus lateralis.

Nervus pterygoideus medialis

Zusätzlich zum M. pterygoideus medialis, an dessen hinterem Rand er eindringt, versorgt er mit jeweils einem eigenen Ast den M. tensor veli palatini und den M. tensor tympani. (16) (8) (17)

Odontogenese

Die Heterodontie des menschlichen Gebisses ist durch unsere vielfältigen Ernährungsmöglichkeiten bedingt, daher lassen sich die Zähne eindeutig voneinander unterscheiden und einzelne Zahngruppen haben sich auf spezifische Aufgaben spezialisiert. (14)

Der okklusale Komplex ist in zwei Teile geteilt. Die horizontale Teilung trennt den passiven Oberkiefer vom aktiven Unterkiefer, die vertikale Teilungslinie verläuft durch eine Normale auf die Okklusionsebene, die durch die Spina dorsalis gelegt ist. So bildet sich in der ästhetischen Zone eine anteriore Führungszone mit Front-Eckzahnführung und eine posteriore Arbeits- und Stützzone. (18)

Weiters ist das menschliche Gebiss diphydont, die Dentes permanentes des Dauergebisses ersetzen in nur einem Zahnwechsel die vorangegangenen Dentes decidui des Milchgebisses und fügen mit den Molaren weitere Zusatzzähne ohne Milchvorläufer hinzu. (14) Beide Kiefer bilden dabei jeweils einen Zahnbogen aus, im Oberkiefer in Form einer halben Ellipse, im Unterkiefer in Form einer Parabel. Dies führt dazu, dass die Frontzähne des Oberkiefers die Frontzähne des Unterkiefers überragen und es entsteht ein Überbiss. (16) Die Normalanzahl von Zähnen im Milchgebiss beträgt 2×10 und im bleibenden Gebiss 2×16 . (19) Hereditäre oder exogene Störungen können ebenso wie systematische Erkrankungen zu Anomalien bei der Zahnzahl, Zahnform oder den Zahnhartsubstanzen führen. (20)

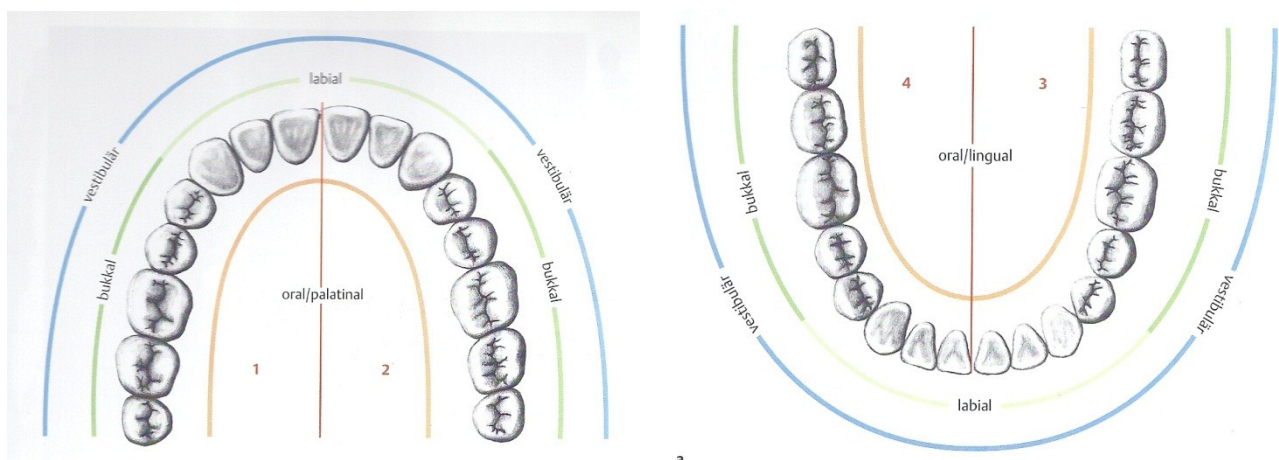


Abbildung 14: Zahnbogen OK und UK. Quelle: (12) S. 3.

Die Odontogenese beginnt etwa in der 5. Embryonalwoche nach der Ovulation. Zu diesem Zeitpunkt hat der Embryo eine Scheitelsteißlänge von rund 7-9 mm. Sowohl die Entwicklung der Dentes decidui im Milchgebiss, als auch die Entstehung eines Weisheitszahnes im bleibenden Gebiss, dessen Zahnkeim erst viele Jahre nach der Geburt gebildet wird, unterliegen denselben biologischen Gesetzmäßigkeiten, welche wiederum genetisch und epigenetisch gesteuert werden. Jeder Zahn entwickelt sich völlig unabhängig von allen weiteren Zähnen als Resultat produktiver und koordinativer Anstrengungen ektodermaler und mesodermaler Zellen. Diese genetisch programmierte Abfolge kann zu jedem Zeitpunkt von Umwelteinflüssen entscheidend gestört und verändert werden.

Voraussetzung für eine Zahnentstehung sind eine gute Entwicklung der zwei Schlundbögen, ein geschlossener Boden des Stomodeums und erkennbare Zungenwülste inklusive dem Tuberculum impar. Dann nehmen die lateralen Nasenwülste sowie der primäre Gaumen Form an. Die Auskleidung der primitiven Mundhöhle, Stomodeum, wird von einer einschichtigen Lage flach kuboider Zellen übernommen. Die beginnende Zahnentwicklung ist als örtlich begrenzte Epithelverdickung erkennbar und tritt in den Unterkiefer-, Oberkiefer und lateralen Nasenwülsten getrennt auf. Diese „Zahnplatte“ oder auch „odontogenes Band“ zeigt noch keine Zahnanlagen. (21)

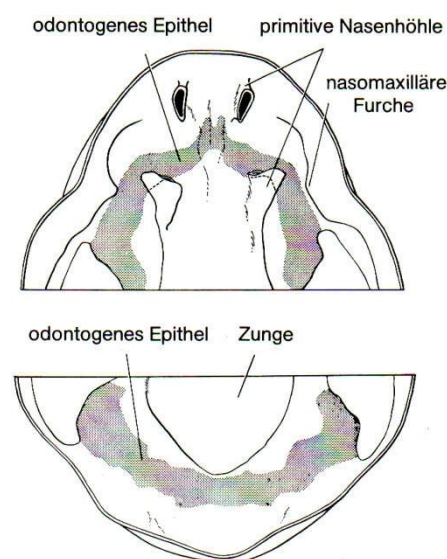
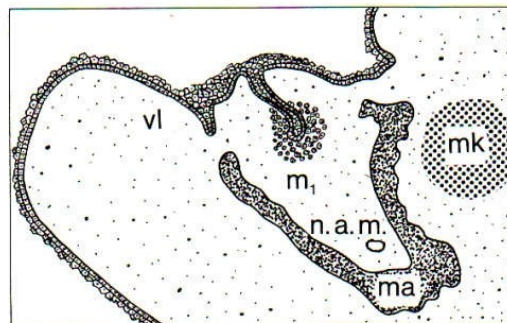


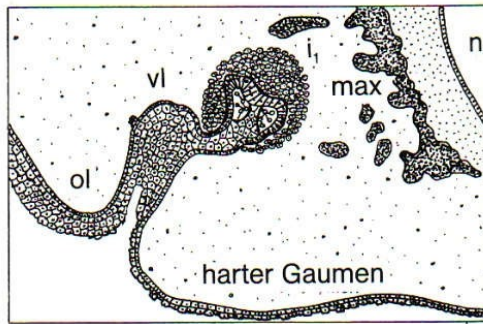
Abbildung 15: Ausdehnung des odontogenen Epithels. Quelle: (21) S. 7.

Die Anlagen der Milchzähne werden erstmals als ein in das Mesenchym hineinragender Zellhaufen sichtbar, welcher durch Proliferation der Basalzellen direkt aus dem primären epithelialen Band entsteht. Diese Zellhaufen differenzieren sich in der Reihenfolge ihrer Entstehung über mehrere Stadien zu einem fertigen Zahnkeim. Bereits 8 Wochen nach der Ovulation beginnen Gaumenfortsätze und Nasenseptum zu verschmelzen, Zahnkappen mit Zahnpapillen und Zahnsäckchen sind gebildet, woraus der eigentliche Zahnkeim besteht. Die Morphogenese der Zahnkeime ist durch die Stadien der **Zahnknospe**, der **Zahnkappe** und der **Zahnglocke** gekennzeichnet. Zwischen der 8. und 17. Woche nach der Ovulation entwickeln sich die Milchzahnkeime. Das Knospenstadium wird von den Frontzahnkeimen Ende der 7. Woche, von den ersten Molaren in der 8. und den zweiten Molaren in der 9. Woche nach der Ovulation erreicht. Ein dichter, ektomesenchymaler Zellschwarm umgibt die Zahnknospe, welche aus einer nach vestibulär ausgerichteten Ausbuchtung und Verdickung des epithelialen Zellhaufens besteht. Alle der mitotisch höchst aktiven Zellen der Knospe lassen sich eindeutig von den Zellen des umgebenden Mundhöhlenepithels unterscheiden. (21)



VI = Vestibularleiste, mk = Meckelscher Knorpel
 N.a.m. = N. alveolaris mandibularis, ma = Mandibula
Abbildung 16: Zahnknospenstadium. Quelle: (21) S. 12.

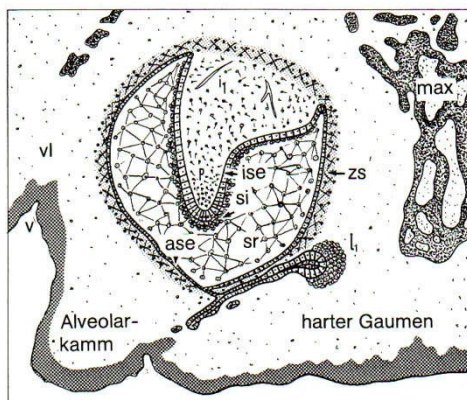
Mit dem weiteren Voranschreiten der Proliferationsphase ist zwischen 8. und 12. Woche nach der Ovulation das Kappenstadium erreicht. Durch die hohe Mitoserate entwickelt das Schmelzorgan einen profilierenden Rand, welcher beginnt, den ektomesenchymalen Zellschwarm einzufassen. Nachfolgend erhält dieser Rand die Bezeichnung zervikale Schlinge. Die anfangs breitflächige Verbindung von Zahnkappe und Zahnleiste verdünnt sich zusehends, bleibt aber vorerst noch bestehen. (21)



Ol = Oberlippe, vl = Vestibularleiste
 max = Maxilla, N = Nasenhöhle

Abbildung 17: Zahnkappenstadium. Quelle: (21) S. 12.

12 bis 20 Wochen nach der Ovulation erreichen die Schmelzorgane das Glockenstadium und nehmen bereits ein der zu bildenden Zahnkrone entsprechendes Aussehen an. Die Zellen der Zahnglocke und Zahnpapille erfahren zu diesem Zeitpunkt eine Histo-, und Zelldifferenzierung, die ihnen ihre spätere Aufgabe, Zahnhartsubstanz zu bilden, ermöglicht. (21) Das verdichtete Mesenchym im Bereich der eingedellten Zahnglocke ist die Zahnpapille, welche die Odontoblasten zur Dentinbildung hervorbringt. Die Schmelzpulpa liegt im Inneren des Schmelzorgans, in dessen Umgebung verdichtet sich das Mesenchym zum Zahnsäckchen. Die Zahnleiste bildet sich bis auf den unteren Rand zur Ersatzzahnleiste für die bleibenden Zähne zurück. Die Gewebe des Zahnhalteapparates sind Desmodont, Alveolarknochen und Zement. Sie gehen zusammen aus dem Zahnsäckchen hervor. (22) (16)



zs = Zahnsäckchen, si = Stratum intermedium, sr = Stratum reticulare
 ase = äußeres Schmelzepithel, ise = inneres Schmelzepithel

Abbildung 18: Zahnglockenstadium. Quelle: (21) S. 12.

Das Schmelzorgan besteht nun aus dem äußeren Schmelzepithel, dem aus der Schmelzpulpa entstandenem Stratum reticulare, dem Stratum intermedium und dem inneren Schmelzepithel. Peripher wird das Schmelzorgan vom äußeren Schmelzepithel begrenzt, welches im Bereich der zervikalen Schlinge in das innere Schmelzepithel übergeht. Der voluminöseste Teil der Zahnglocke wird von den sternförmigen Zellen des Stratum reticulare gebildet. Zytoplasmatische Fortsätze stellen desmodontalen und nexusartigen Kontakt unter den Zellen her. Der großräumige Interzellularraum ist mit sauren Mukopolysacchariden und hydrophilen Substanzen gefüllt. 3 bis 4 Lagen flache, dicht aneinander liegende Zellen, die auf dem inneren Schmelzepithel liegen, bilden das Stratum intermedium. Diese Zellen sind besonders reich an saurer und alkalischer Phosphatase. Kurz vor Beginn der Hartschmelzbildung wird der Interzellularraum mit sauren Mukopolysacchariden angereichert. Das innere Schmelzepithel kleidet mit einer Schicht niedriger, säulenförmiger Zellen, den Innenraum des Schmelzorgans aus und ist mit einer Basalmembran von den Zellen der Papille abgetrennt. Die Schmelz- und Dentinbildung beginnt von coronal nach apikal und wird so lange fortgesetzt, bis das Schmelzorgan die Größe der zukünftigen Zahnkrone erreicht hat. Zellen der cervikalen Schlinge sind hauptsächlich für dieses Wachstum verantwortlich. Das Gewebe der Zahnpapille besteht im Glockenstadium aus dicht liegenden undifferenzierten, polygonalen Zellen mit vielen zytoplasmatischen Fortsätzen. Die Ansammlung und Synthese feiner, extrazellulärer Fibrillen, zunehmende Basophilie des Interstitiums sowie das Einsprossen von Gefäßen und Nervenfasern treiben die Differenzierung der Zahnpapille voran. Designierte Ameloblasten entstehen aus Zellen des inneren Schmelzepithels. Die Basalmembran des inneren Schmelzepithels wird im späten Glockenstadium, also kurz vor der Dentinbildung, wesentlich dicker und besteht aus einer rund 30nm starken Basallamina densa und der Membranula präformativa. Das eigentliche Zahnsäckchen entwickelt sich aus dem ektomesenchymalen Zellschwarm, der ursprünglich die Zahnknospe und die Zahnkappe umgeben hat. (21)

Ersatzzahnkeime

Lingual und palatinal der Milchzahnkeime bilden sich die Anlagen der bleibenden vier Schneidezähne, der zwei Eckzähne und der zwei Prämolaren. Die generelle Zahnleiste verlängert sich auf der Höhe wo die laterale Zahnleiste mit dem Milchzahnkeim verbunden ist und wird als Ersatzzahnleiste bezeichnet. Die Ersatzzahnkeime der mittleren Incisivi erreichen das Knospenstadium zirka in der 5. Woche nach der Ovulation. Im Alter von 2-3 Jahren ist die Entwicklung mit dem Beginn der Zahnhartsubstanzbildung für die beiden Prämolaren beendet.

Zuwachszahnkeime

Die Milchzahnleiste verlängert sich am blinden Ende durch Proliferation nach distal. Dort entstehen in der 13. Bis 15. Woche nach der Ovulation posterior des Milchgebisses die Anlagen der drei Molaren, der Zuwachszähne. Der 2. und 3. Molar. Damit das Kieferwachstum mit dieser Entwicklung Schritt halten kann, entstehen die drei Zuwachszahnkeime im Abstand von rund 6 Jahren.

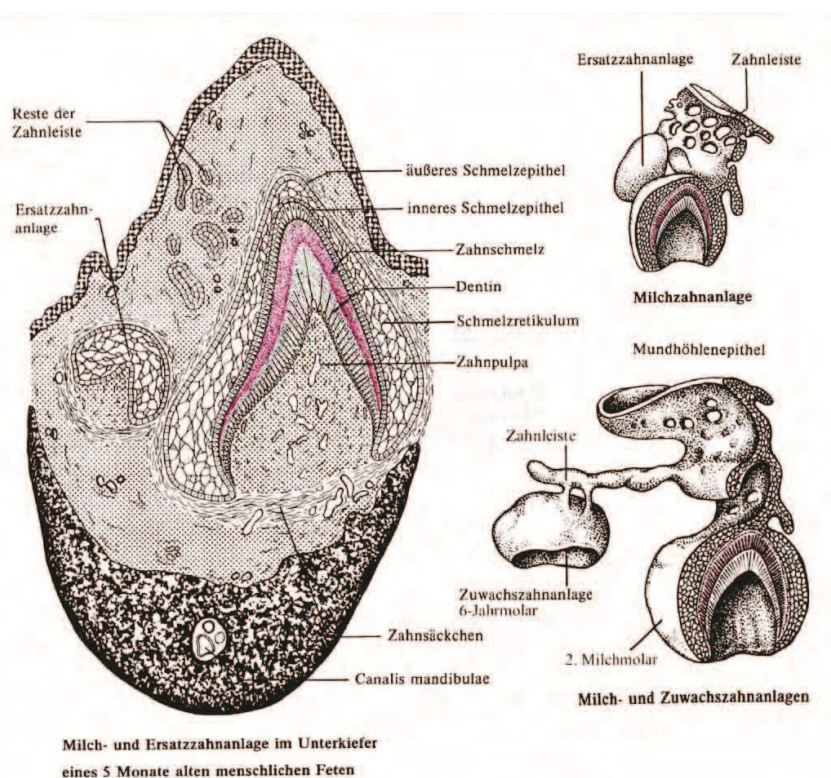


Abbildung 19: Schnitt durch Zahnleiste Quelle: (19) S.281.

Gestaltung der Zahnform

Interaktionen von ektodermalen Zellen des Schmelzorgans und ektomesenchymalen Zellen der Papille sind die Voraussetzung für den Beginn der Zahnhartsubstanzbildung. Das Schmelzorgan und die Zellen seines zervikalen Proliferationszentrums liefern die Schablone für die Morphogenese der späteren Zahnkrone und Zahnwurzel. An den Wachstumslinien lässt sich die schichtweise Bildung von Schmelz und Dentin auch nach Abschluss der Zahnbildung gut erkennen. Ist die Schmelz und Dentinentwicklung im Kronenbereich im Wesentlichen abgeschlossen, beginnt entlang der Hertwigschen Epithelscheide die Bildung der Zahnwurzel. Die Zervikale Schlinge wächst mit dem inneren und äußeren Schmelzepithel über die Schmelz-Zement-Grenze hinaus. Durch die induzierende Wirkung der Scheide auf die Papille werden Bildung und Anordnung der Odontoblasten stimuliert, welche das Wurzelzement bilden. Größe, Umfang und Anzahl der Wurzeln pro Zahn werden durch die schablonenartige Gestalt der Epithelscheide bestimmt. Sobald die Mesenchymzellen des Zahnsäckchens in Kontakt mit Wurzelzement kommen wird die Bildung von Zementoblasten induziert, die mit der Bildung von Präzement beginnen. Die Zementogenese beginnt am Zahnhals und schreitet nach apikal fort. Im Zahnhals- und Zahnwurzelbereich wird das Zahnsäckchen zum Parodontium. Die Sharpeyschen Fasern des zunächst primitiven Halteapparates werden in den Alveolarknochen und Zement eingebaut. Aus dem Ektoderm und Mesektoderm der Mundhöhle entsteht die Gingiva. (21) (14)

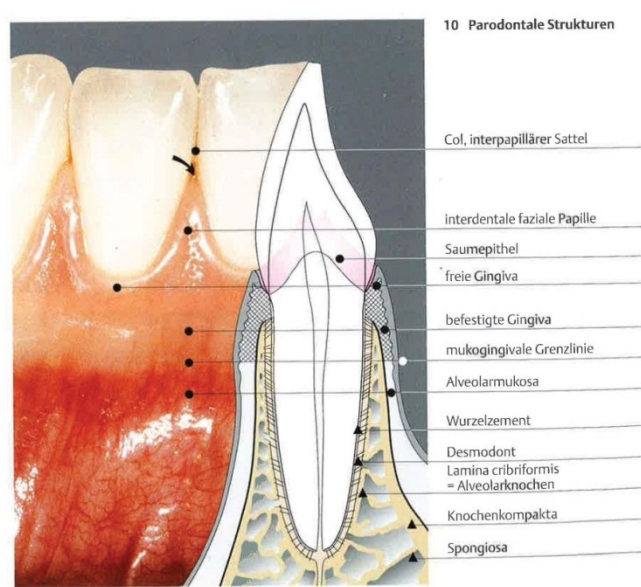


Abbildung 20: Parodontale Strukturen. Quelle: (23) S. 7.

Aus der zervikalen Schlinge entstehen quer über der apikalen Öffnung der Zahnpapille zungenförmige Fortsätze, die am Ausgangspunkt der zukünftigen Bi- oder Trifurkation fusionieren und separate Epithelscheiden für jede einzelne Zahnwurzel bilden. Die Furkation bei mehrwurzeligen Zähnen wird also bereits vor der eigentlichen Wurzelbildung im Zeitraum der Kronenbildung angelegt. (21)

Pulpa

Die Cavitas dentis ist unterteilt in die Cavitas coronalis und Canalis radialis, welche die Pulpa beherbergen. Die Kronenpulpa liegt im koronaren Teil, die Wurzeplulpa im Wurzelkanal. Bei jugendlichen Zähnen findet man im Bereich der Höckerspitzen Pulpahörner, die sich im Laufe der Zeit durch Bildung von Sekundärdentin zurückbilden. Es gibt sehr viele Variabilitäten was die Anzahl von Wurzeln, Wurzelkanälen pro Wurzel, Seitenkanälen und Ramifikationen im Bereich des apikalen Deltas betrifft. Die Pulpa ist die bestgeschützte Struktur, da sie allseitig von Dentin und in weiterer Folge von der härtesten Substanz im menschlichen Körper umschlossen ist, dem Zahnschmelz. Bei der Transformation der Papille zur Pulpa werden die undifferenzierten Mesenchymzellen der Papille Großteils zu synthetisch höchstaktiven Fibroblasten.

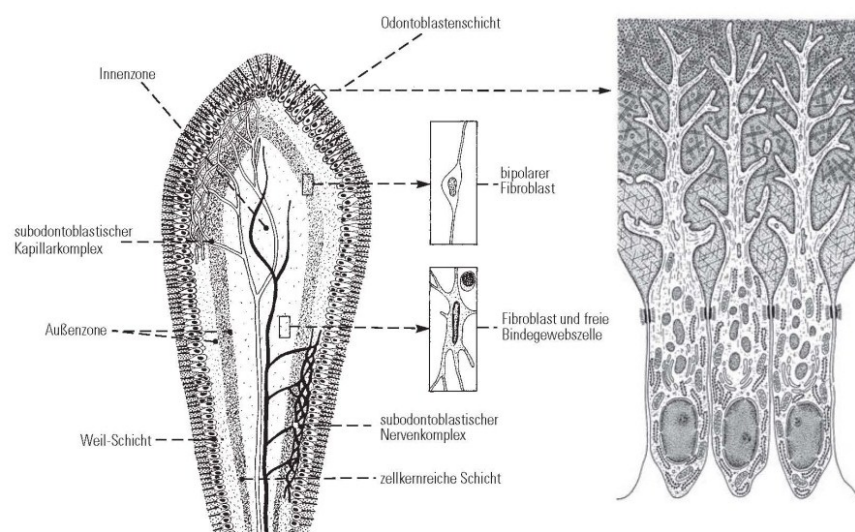


Abbildung 21: Aufbau der Zahnpulpa. Quelle: (14) S. 292.

Gegen Ende des Glockenstadiums beginnen Arteriolen der Alveolararterien in die Papille einzuwandern und ein kapilläres Geflecht zu bilden. Die Bildung dieses Kapillarplexus ist bereits vor der Zahnhartgewebsbildung abgeschlossen. Die ersten einzelnen Nervenfasern können kurz nach Beginn der Zahnhartgewebsbildung beobachtet werden. Beim Zahndurchbruch ist diese Umwandlung der Papille zur Pulpa im Großen und Ganzen abgeschlossen. In der Pulpa befinden sich Odontoblasten, Abwehrzellen, Nerven und Blutgefäße. Die Hauptaufgaben der Pulpa sind die Ernährung des Zahnes, Bildung von Dentin durch die Odontoblasten und Abwehr von Erregern oder körperfremden Stoffen. Das Pulpenkavum wird aufgrund der Sekundärdentinbildung im Alter immer kleiner. (14) (21)

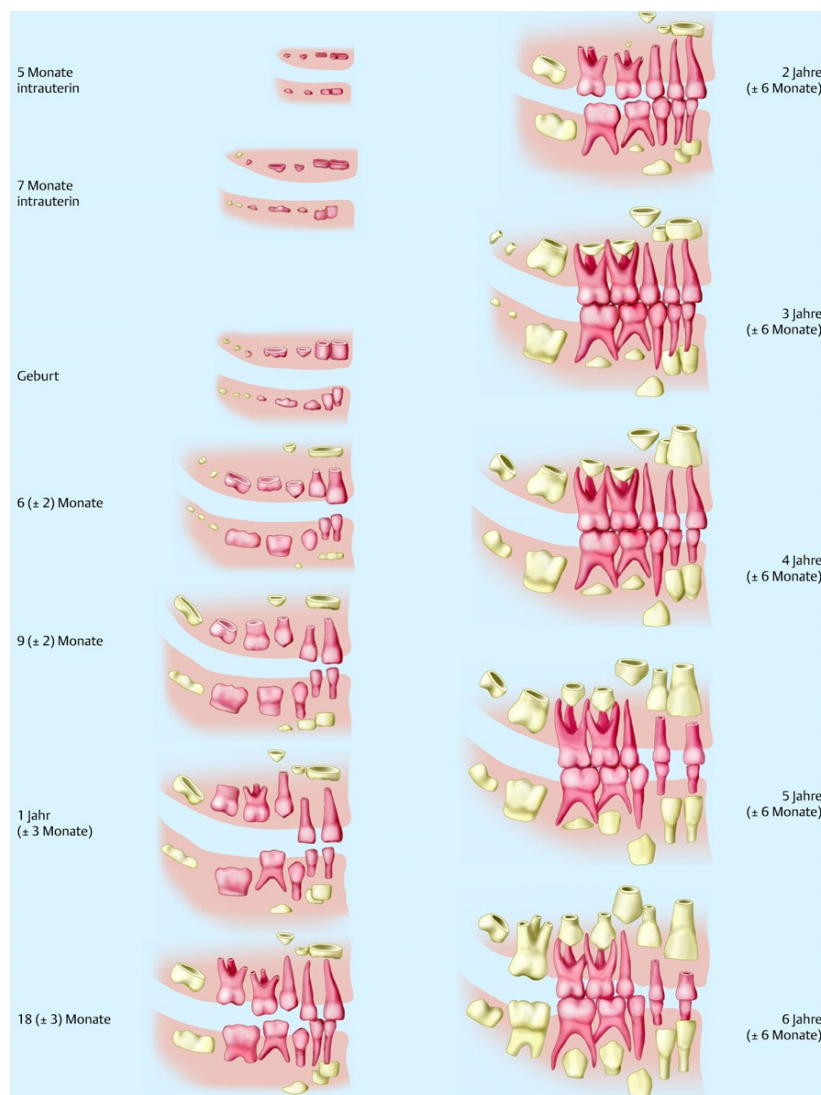


Abbildung 22: Zahnentwicklung. Quelle: (20) S. 30.

Endodontie

Zielsetzungen

Die Ziele der Wurzelkanalaufbereitung sind die vollständige Entfernung von verbliebenem Pulpagewebe und Debris. Alle Mikroorganismen müssen eliminiert und die Wurzelkanäle müssen in eine Form gebracht werden, welche eine adäquate Reinigung und dichte Füllung des gesamten Wurzelkanalsystems ermöglicht. Die Erhaltung normalen, gesunden periradikulären Gewebes hat oberste Priorität. (24)

Zugangskavität

Um die Wurzelkanalinstrumente so geradlinig als möglich in die Wurzelkanäle einführen zu können, muss das Dach der Pulpakammer so abgetragen werden, dass diese optimal gesäubert werden kann und eine gute Übersicht auf die Kanaleingänge sichergestellt ist. Für eine provisorische Versorgung nach der Behandlung bzw. zwischen den einzelnen Sitzungen muss ausreichend Retention geschaffen werden, ohne aber mehr gesunde Zahnschubstanz als unbedingt notwendig, zu entfernen. Die Entfernung des gesamten kariösen Gewebes und allen inadäquaten Restaurationen ist obligat, wenn der Zahn so weit zerstört ist, dass eine suffiziente Isolierung des Zahnes nicht sichergestellt werden kann, muss die äußere Kontur des Zahnes wiederhergestellt werden. Nur so können Speichelzutritt, bakterielle Kontamination und Eintritt von Spüllösungen in die Mundhöhle aufgehalten, und Aspiration oder Verschlucken von Instrumenten verhindert werden. (24) Der weitere Vorteil einer Aufbaufüllung ist es, eine sichere, reproduzierbare Position für den Referenzpunkt zur Längenbestimmung geschaffen zu haben. Um die Orientierung nicht zu verlieren, muss unbedingt auf eine achsengerechte äußere Kontur der Aufbaufüllung bei gekippten Zähnen geachtet werden. (25) Durch eine insuffiziente Zugangskavität sind Folgefehler bei der Apikalpräparation vorprogrammiert. Neben der primären Zugangskavität, die Zugang zum Pulpenkavum verschafft, unterscheidet man die sekundäre Zugangskavität, die den Zugang in die Wurzelkanalsysteme ermöglicht. (26)

Der obere erste Molar

Die Kronenform der oberen Mahlzähne ist meist rhombenförmig, nur in seltenen Fällen dreieckig. Der vestibuläre Kronenteil ist etwas größer als der orale. Vier Höcker prägen die Facies occlusalis, mit dem Tuberculum carabelli kann auch ein fünfter Höcker hinzukommen. Der größte, mesiolingulae, Höcker ist meistens durch eine Schmelzleiste, die Crista transversa, mit dem distovestibulären verbunden. (19)

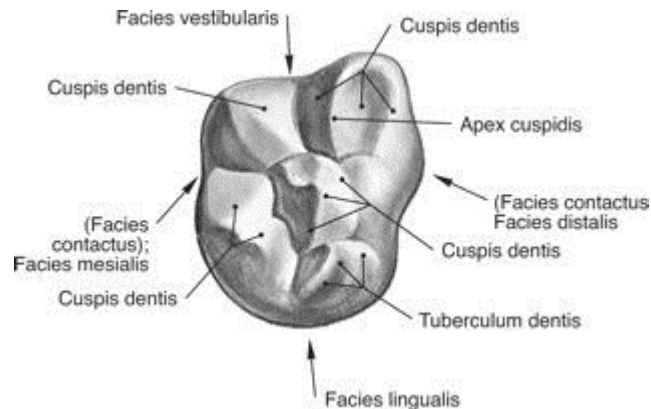


Abbildung 23: Dens molaris primus. Quelle: (9) S. 94.

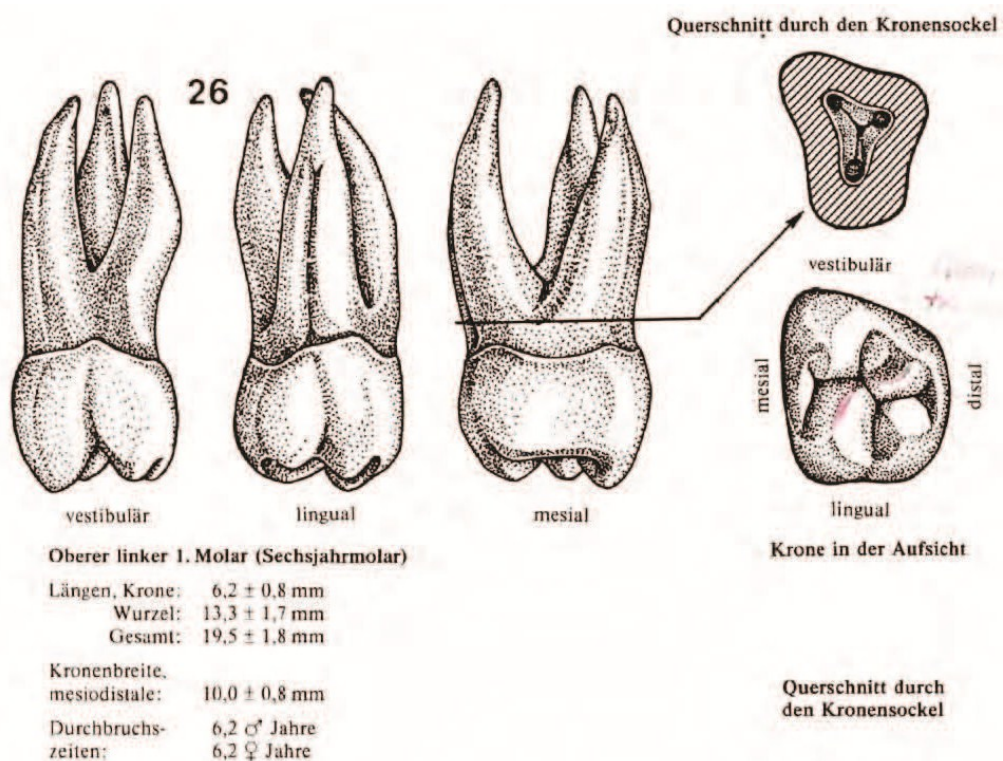


Abbildung 24: Oberer erster Molar. Quelle: (19) S. 345.

Lokalisation der Kanaleingänge

Obwohl man bei jedem Zahn mit anatomischen Abweichungen rechnen muss, ist der erste Oberkiefer-Molar sowohl betreffend Form als auch Lage und Zahl der Wurzelkanalsysteme, der Zahn mit der vermutlich größten anatomischen und morphologischen Variationsbreite. Der vierte Wurzelkanal liegt immer in der mesiobukkalen Wurzel. Die dreieckige Zugangskavität liegt weiter mesial als distal, daher muss die Crista transversa oft nur leicht nach hinten überschritten werden. (26)

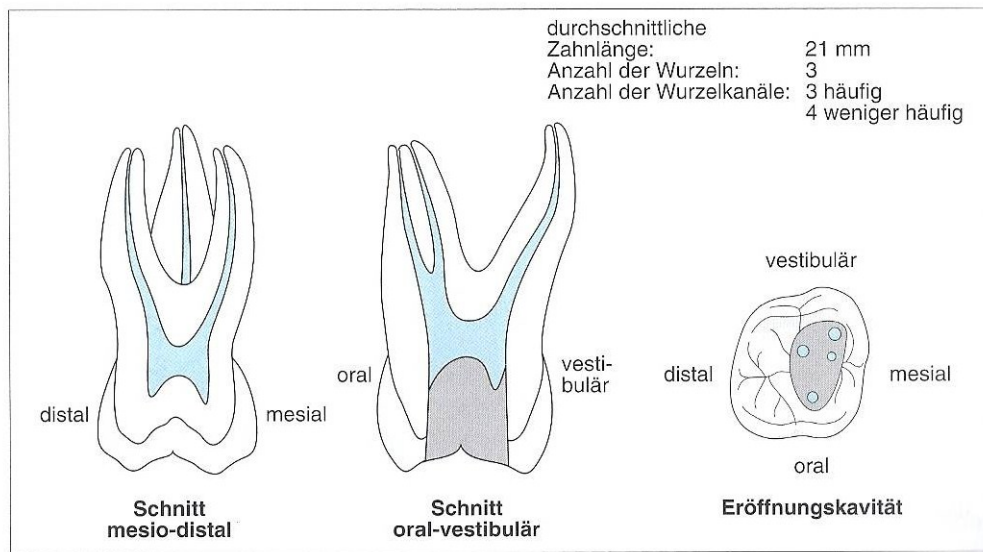


Abbildung 25: Der erste obere Molar. Quelle: (25) S. 358.

Lage und Ausdehnung der Pulpahörner in der Kronenpulpa entsprechen in etwa den Höckern. Der Pulpakammerboden stellt die untere Begrenzung des Pulpenkavums dar, von ihm ausgehend zweigen alle Wurzelkanäle ab. Durch die lebenslangen Umbauvorgänge, denen der Pulpakammerboden durch die Sekundär- und Reizdentinbildung unterliegt, kann sich die Suche nach den Kanaleingängen als sehr schwierig erweisen. (27) Obwohl Sekundär- und Primärdentin nahezu identisch sind, lässt die durch eine Richtungsänderung der Dentinkanälchen induzierte veränderte Lichtbrechung bei Auflichtbetrachtung das Sekundärdentin fast weißlich opak erscheinen. Ein Sekundärdentinwall über dem zweiten mesiobukkalen Kanaleingang lässt sich so meist gut differenzieren und abtragen, so dass der Kanal dargestellt werden kann. (28)

Es gibt keine Schablone für die Trepanation, aber mit einer trapezförmigen Zugangskavität, die bis zur mesiobukkalen Höckerspitze erweitert ist, kann der mb2 meist zuverlässig dargestellt werden. (4)

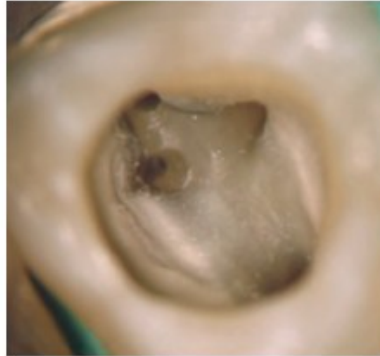


Abbildung 26: Trapezförmige Zugangskavität und Pulpakammerboden. Quelle: (4) S. 384.

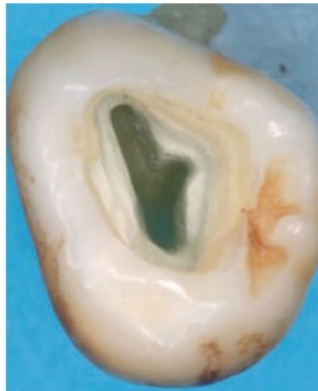


Abbildung 27: Elliptische Zugangskavität und Pulpakammerboden. Quelle: (4) S. 384.

Der Pulpakammerboden bietet aber zahlreiche Orientierungshilfen, welche aufgrund Ihrer Reproduzierbarkeit in ein Regelwerk zusammengefasst werden konnten. (29)

Gesetz der Zentralität: Auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze (SZG) liegt die Pulpakammer immer zentral im Zahn.

Gesetz der Konzentrität: Die Wände der Pulpakammer liegen immer konzentrisch zur äußeren Kontur der Krone.

Gesetz der SZG: Die Distanz zwischen der äußeren Kontur, der klinischen Krone und den Wänden der Pulpakammer ist in Höhe der SZG immer gleich.

Gesetz der Symmetrie I: Mit Ausnahme der Oberkiefermolaren liegen die Wurzelkanäleingänge in Äquidistanz zu einer in mesio-distaler Ausrichtung durch den Pulpakammerboden verlaufenden gedachten Linie.

Gesetz der Symmetrie II: Mit Ausnahme der Oberkiefermolaren liegen die Wurzelkanäleingänge auf einer Linie, die rechtwinkelig zu einer in mesio-distaler Richtung gezogenen Linie durch den Pulpakammerboden verläuft.

Gesetz der Farbveränderung: Der Pulpakammerboden stellt sich immer dunkler dar, als die Wände der Pulpakammer.

Gesetz der Lokalisation der Wurzelkanäleingänge I: Die Eingänge der Wurzelkanäle liegen immer am Übergang vom Pulpakammerboden in die aufsteigenden Wände der Pulpakammer.

Gesetz der Lokalisation der Wurzelkanäleingänge II: Die Eingänge der Wurzelkanäle liegen immer im Winkel des Übergangs vom Pulpakammerboden in die Wände der Pulpakammer.

Gesetz der Lokalisation der Wurzelkanäleingänge III: Die Wurzelkanäleingänge liegen immer am Ende der Entwicklungslinien. (29) (30)



Abbildung 28: Dreieckige Zugangskavität und Pulpakammerboden. Quelle: (4) S. 384.

Wurzelkanalkonfiguration

Man kann innerhalb einer Wurzel die unterschiedlichsten Kombinationen bezüglich Form, Anzahl und Verlauf der Wurzelkanäle vorfinden. Die grobe Einteilung in vier Grundtypen von Weine hat sich seit 1998 bestens bewährt, wurde aber von verschiedenen Autoren immer wieder modifiziert und ergänzt. (25)

- Typ I: 1 Kanal
- Typ II: 2 Kanäle, die sich vor dem Apex vereinigen
- Typ III: 2 Kanäle mit getrennten apikalen Foramina
- Typ IV: 1 Kanal, der sich erst später aufteilt

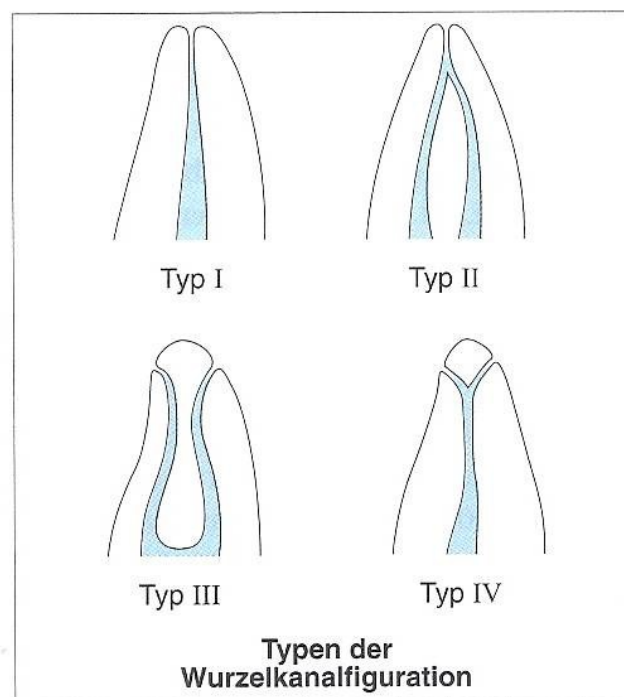


Abbildung 29: Einteilung nach Weine. Quelle: (25) S. 352.

Die Einteilung von Vertucci wurde tabellarisch zusammengefasst von Hülsmann (4):

Klassifikation nach Vertucci	
Typ I	Ein Wurzelkanal (1-1)
Typ II	Zwei Wurzelkanäle, die sich vereinigen (2-1)
Typ III	Ein Wurzelkanal, der sich teilt, aber wieder in einem Foramen endet (1-2-1)
Typ IV	Zwei separate Wurzelkanäle mit zwei Foramina (2-2)
Typ V	Ein Wurzelkanal, der sich aufteilt (1-2)
Typ VI	Zwei WK, die sich vereinigen, später aber wieder trennen (2-1-2)
Typ VII	Ein WK, der sich aufteilt, konfluert und erneut aufteilt (1-2-1-2)
Typ VIII	Drei separate WK mit drei Foramina (3-3)

Abbildung 30: Klassifikation nach Vertucci. Quelle: (4) S. 371.

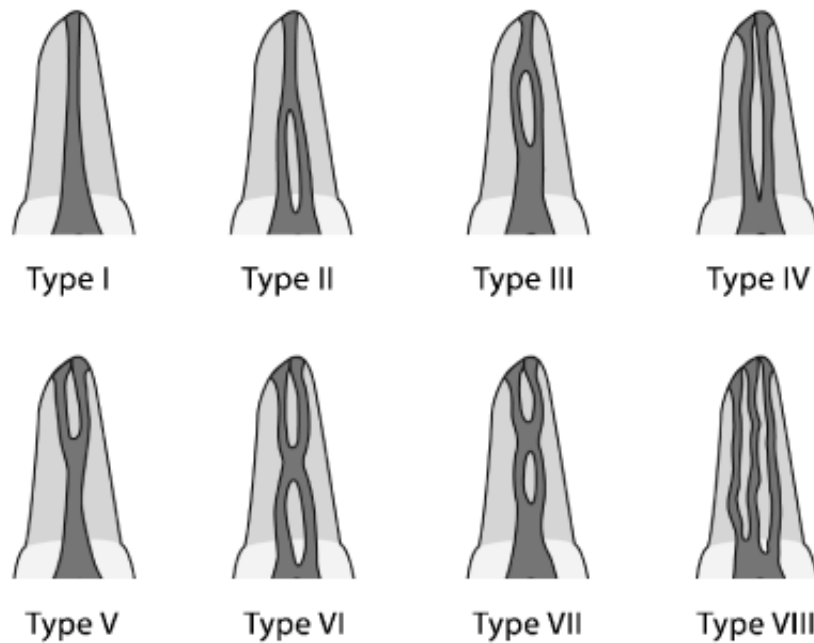


Abbildung 31: Konfiguration nach Vertucci. Quelle: (31) S.11

Material und Methoden

Materialauswahl

Es wurden 50 frisch extrahierte menschliche erste Oberkiefermolaren mit vollständig entwickelten, nicht verschmolzenen und endodontisch unbehandelten Wurzeln für die Studie verwendet. Alle Zähne wurden aufgrund parodontaler Erkrankungen extrahiert und in 0,2 %iger Thymollösung gelagert. Zähne mit Wurzelkaries oder bestehenden Restaurationen, sowie wurzelbehandelte Zähne, wurden von der Studie ausgeschlossen. Vor der Untersuchung wurden die Zähne für 15 Minuten in 3%iges Natrium Hypochlorid (NAOCL) eingelegt, um das gesamte organische Material von der Wurzeloberfläche zu entfernen. Verbleibendes Gewebe wurde mit einer Kürette mechanisch abgetragen.

Mikro-CT Untersuchung

Von jedem Zahn wurden mit einem hoch auflösendem Inveon Micro-CT Scanner (Inveon MM HiRes Std CT, Siemens, Erlangen, Germany) dreidimensionale Datensätze erzeugt. Die Röntgenquelle wurde mit 80kV und 100mA betrieben. Die Pixelgröße des Röntgendetectors betrug 33.620 µm.

Jeder Prüfkörper wurde 210 Grad um seine vertikale Achse gedreht, wobei 180 Bilder in 30 Minuten erzeugt wurden. Die Bestrahlungszeit für jeden Prüfkörper betrug 3,2 Sekunden. Diese Ansichten wurden unter Anwendung des Feldkamp Algorithmus rekonstruiert. Die Anatomie des Wurzelkanalsystems wurde für jede Sektion einzeln erfasst und die Mittelwerte mit Hilfe der Software Inveon Research Workplace 2.2 errechnet. Die gewonnenen Daten wurden einer statistischen Auswertung zugeführt.

Ergebnisse

Bei dieser Untersuchung kamen folgende Ergebnisse zustande:

Ein zweiter mesiobukkaler Kanal (MB2) wurde nachgewiesen:

In 62 % der Fälle war ein zweiter mesiobukkaler Kanal vorhanden (n =31) (Abb. 32, Abb. 33) und in 38% der Fälle war ein zweiter mesiobukkaler Kanal nicht vorhanden (n =19)(Abb. 34). (Diagramm 1, Tabelle 1)

In 100% der Fälle wurde der zweite mesiobukkale Kanal in der mesiobukkalen Wurzel gefunden (n=50).

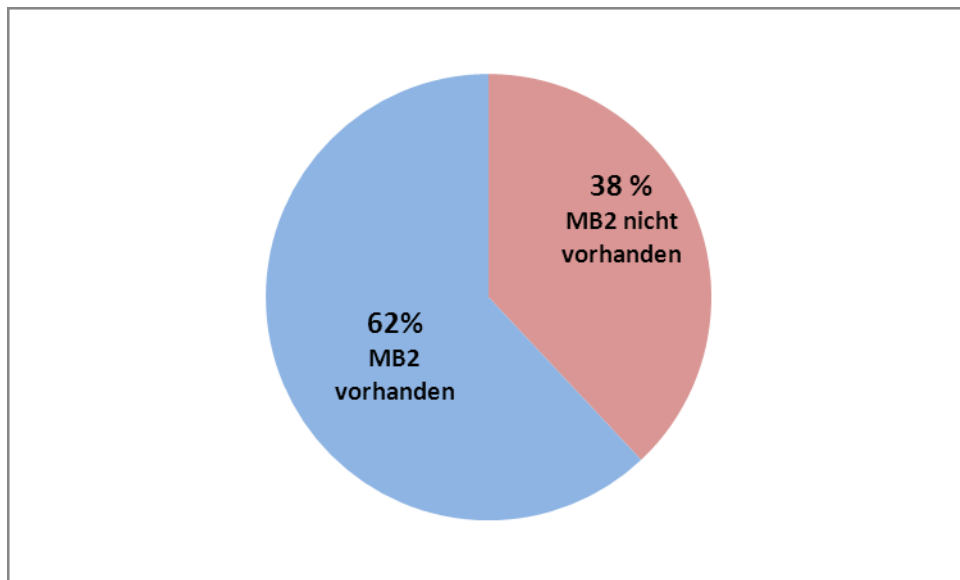


Diagramm 1: Quelle: Eigene Studienergebnisse

	Anzahl	Prozent
MB2 vorhanden	31	62%
MB2 nicht vorhanden	19	38%

Tabelle1: Quelle: Eigene Studienergebnisse

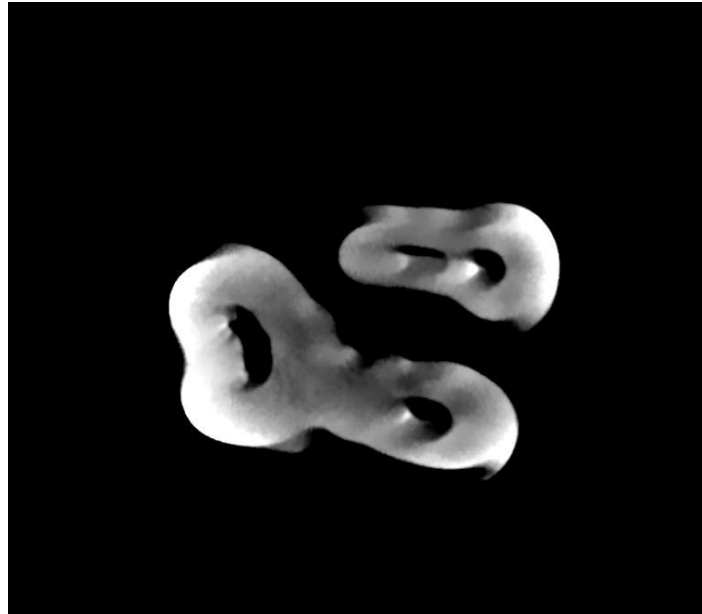


Abbildung 32: Micro-CT Bild Quelle: Eigene Studie.

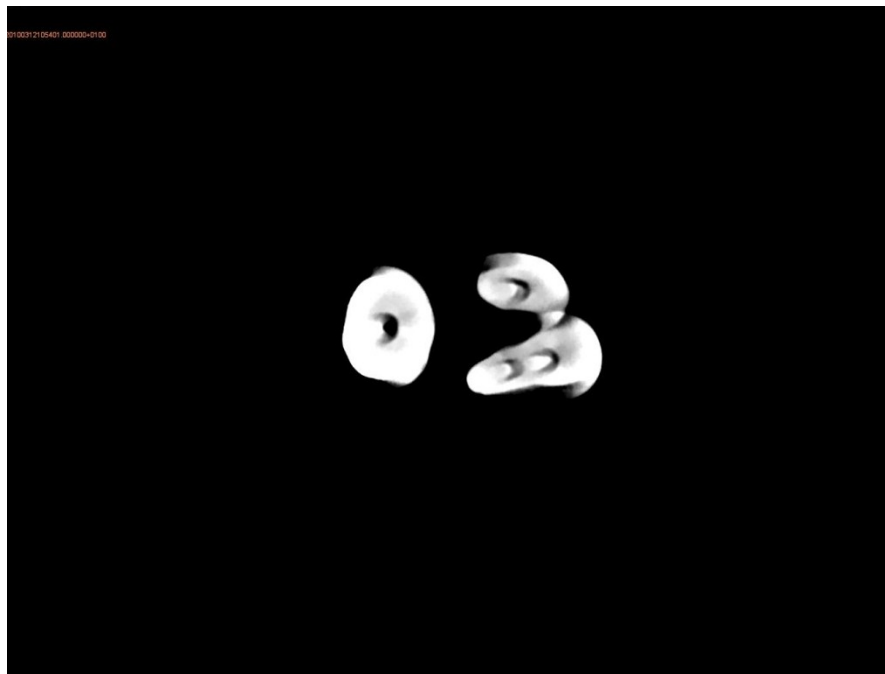


Abbildung 33: Micro-CT Bild. Quelle: Eigene Studie.

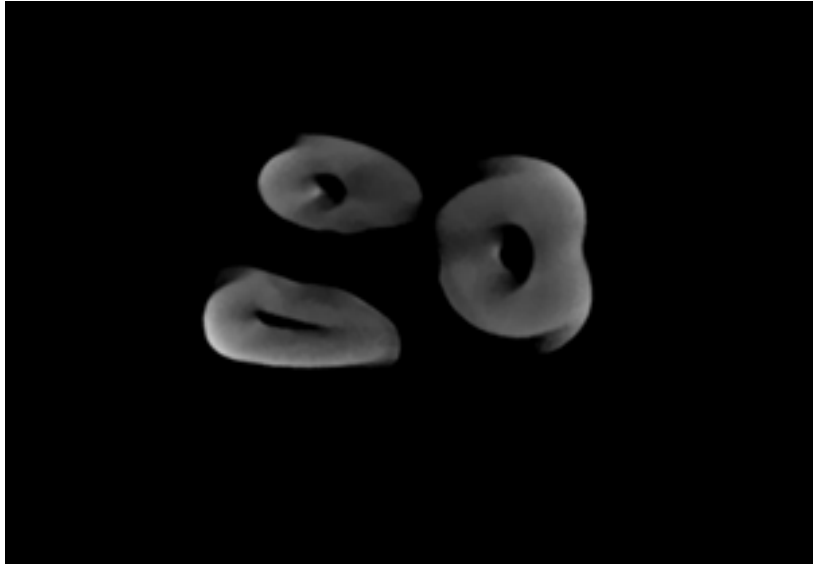


Abbildung 34: Micro-CT Bild. Quelle: Eigene Studie.

Diskussion

Die Anatomie der ersten Oberkiefermolaren, insbesondere das Vorhandensein eines zweiten mesiobukkalen Kanals in der mesialen Wurzel, wurde in der letzten Zeit sehr oft untersucht. (32) (33) (34) (35) (36) (37) (38) Verschiedenste Ergebnisse, die von 50% bis 80% variieren können, wurden unterschiedlich interpretiert.

Die Anatomie und Morphologie des Wurzelkanalsystems von Oberkiefermolaren wurde bisher mit sehr unterschiedlichen Methoden überprüft: Standard Röntgen (39) sowie Farbstoffpenetrationstest im durchsichtigen Kaltpolymerisat oder Querschnittuntersuchungen. (40) (33) Diese Untersuchungsmethoden lieferten äußerst ungenaue Ergebnisse von 25% (41) bis zu 96% (42).

Letztlich wird mittels micro computed tomography (micro-Ct) (43) (44) (45) die Anatomie bzw. das Vorhandensein eines zusätzlichen Kanals in der mesialen Wurzel untersucht. Die Micro-CT-Untersuchung sollte sehr genaue Ergebnisse liefern, besonders wenn es um die Anatomie des Wurzelkanalsystems geht. Auch in der vorliegenden Untersuchung wurde diese Methode gewählt. Bei anderen Untersuchungen mit dieser Methode konnte bei den ersten Oberkiefermolaren in 52% der Fälle ein zweiter mesiobukkaler Kanal in der mesialen Wurzel nachgewiesen werden. (46) Auch mittels Farbstoffpenetrationstests an extrahierten Zähnen wurde in 52.3% der zweite mesiobukkale Kanal in der mesiobukkalen Wurzel nachgewiesen. (40)

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stimmen mit den Ergebnissen der Studien von Zhang und Imura überein. In anderen Untersuchungen wurde der mb2 zu 80% (47) und 90% (48) gefunden. Diese Ergebnisse stehen in Kontrast zur vorliegenden Studie.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Hartwell (49) wurden auch in dieser Studie alle vorhandenen zweiten mesiobukkalen Kanäle in der mesiobukkalen Wurzel gefunden.

Die Diskrepanzen in den Ergebnissen zu den Wurzelkanaluntersuchungen können zudem durch die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden zustande kommen.

Konklusion

Die mesiobukkale Wurzel der ersten oberen Molaren hat zu 62% zwei Kanäle. Eine Micro-CT Untersuchung kann die Darstellung des mesiobukkalen Wurzelkanalsystems deutlich verbessern. Diese Untersuchungsergebnisse sind sehr wichtig und hilfreich für die Qualität von Wurzelkanalbehandlungen.

Literaturverzeichnis

1. **HESS W.:** Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses mit Berücksichtigung der feineren Verzweigungen am Foramen apicale. Schweiz Vierteljahrschr Zahnheilkde 1917;27; S. 1-52. Zitiert nach: (4)
2. **WEINE F.S. [u. a.]:** Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1969;28; S. 419-425. Zitiert nach: (4)
3. **GÖRDUYSUS M.Ö., Görduysus M., Friedmann S.:** Operating Microscope Improves Negotiation of Second Mesiobuccal Canals in Maxillary Molars. Journal of Endodontics 2001;27(11); S. 683-686.
4. **HÜLSMANN M.:** mb2. Prävalenz, Diagnostik, Morphologie und Management. Endodontie 2010;19(4); S. 369-392.
5. **WOLCOTT J. [u. a.]:** Clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated retreated maxillary molars. J. Endod 2002;28; S. 477-480. Zitiert nach: (4)
6. **KOTTOOR J., Velmurugan N., Surendran S.:** Endodontic Management of a Maxillary First Molar With Eight Root Canal Systems Evaluated Using Cone-beam Computed Tomography Scanning: A Case Report. Journal of Endodontics 2011;37(5); S. 715-719.
7. **BURNS R.C.:** Access openings and tooth morphology. In: Cohen S., Burns R.C. (Hrsg.): Pathways of the Pulp. 4th ed. Mosby, St. Louis, S. 120-121. Zitiert nach: (4)
8. **ROSENBAUER K.A. [u. a.]:** Klinische Anatomie der Kopf- und Halsregion für Zahnmediziner. Stuttgart, New York: Thieme 1998, S. 25-53; 122-189; 248-262.
9. **SOBOTTA.** Anatomie des Menschen. Allgemeine Anatomie, Bewegungsapparat, Innere Organe, Neuroanatomie. Der komplette Atlas in einem Band. 22., neu bearb. Aufl. Hrsg. von Putz R. und Pabst R. München, Jena: Urban & Fischer 2007.
10. **BENNINGHOFF A.:** Anatomie. Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen. 15., völlig neu bearb. Aufl. Hrsg. von Detlev Drenckhahn und Wolfgang Zenker. Bd. 1. München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg 1994, S.480-527; 780-806.
11. **GOETHE J.W.v.:** Werke. Hamburger Ausgabe in 14 Bänden. Hrsg. von Erich Trunz. Hamburg: Wegner 1948-60, Bd. 13, S. 184.

12. **TILLMANN B.:** Farbatlas der Anatomie. Zahnmedizin – Humanmedizin. Kopf – Hals – Rumpf. Stuttgart, New York: Thieme 1997, S. 100-140.
13. **DRAKE R.L., Vogl W., Mitchell A.W.M.:** Gray's Anatomie für Studenten. Aus dem Amerikanischen übersetzt und hrsg. von Friedrich Paulse. München: Elsevier 2007, S. 476.
14. Lexikon der Krankheiten und Untersuchungen. 2., überarb. und erw. Aufl. Hrsg. von Susanne Andreae [u. a.]. Stuttgart, New York: Thieme 2008, S. 1084.
15. **WALDEYER A.:** Anatomie des Menschen. 17., völlig überarb. Aufl. Hrsg. von Fanghänel J. [u. a.]. Berlin, New York: de Gruyter 2003, S.188-206; 342.
16. **SCHIEBLER T.H., Korf H.-W.:** Anatomie. Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie. Unter Berücksichtigung des Gegenstandskatalogs. 10., vollst. überarb. Aufl. Heidelberg: Steinkopff 2007, S. 608-679.
17. **KAHLE W., Frotscher M.:** Taschenatlas Anatomie in 3 Bänden. Bd. 3 Nervensystem und Sinnesorgane. 9., überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme 2005, S. 116-132.
18. Private Mitschrift aus der Totalprothetik-Vorlesung Professor Wegscheiders im SoSe 2012 an der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz.
19. **SCHUMACHER G.H.:** Anatomie für Zahnmediziner. Lehrbuch und Atlas. 3., vollst. neu bearb. Aufl. Heidelberg: Hüthig 1997, S. 278-293
20. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie. 3., unveränderte Aufl. Hrsg. von Peter Gängler [u. a.]. Stuttgart, New York: Thieme 2010, S. 61.
21. **SCHROEDER H.E.:** Orale Strukturbiologie. Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks. 5., unveränderte Aufl. Stuttgart, New York: Thieme 2000, S. 4-26; 124-130.
22. **KÜHNEL W.:** Taschenatlas Histologie. 12., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart, New York: Thieme 2008, S. 284-290.
23. **WOLF H.F., Rateitschack E.M., Rateitschack K.H.:** Farbatlanten der Zahnmedizin 1. Parodontologie. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme 2003, S.7.

24. Konsenspapier der Europäischen Gesellschaft für Endodontologie: Qualitätsrichtlinien Endodontischer Behandlung. *Endodontie* 2006;15(4); S. 387-401.
25. **HELLWIG E.**, Klimek J., Attin T.: Einführung in die Zahnerhaltung. Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie. 5., überarb. und erw. Aufl. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag 2009, S. 363.
26. **RÖDIG T.** [u. a.]: Grundlagen der modernen Endodontie. Spitta 2009, S. 82-95.
27. **HÜLSMANN M.**: Checklisten der Zahnmedizin. Endodontie. Stuttgart, New York: Thieme 2008, S. 22-24
28. **FRIEDRICHS C.**: Die endodontische Landkarte. Orientierungshilfen zur Präparation der Zugangskavität und der Darstellung der Kanalsysteme – Teil 1. *Endodontie* 2010; 19(4); S. 355-363.
29. **HÜLSMANN M.**, Nordmeyer S.: Die Anatomie des Pulpakammerbodens. *Endodontie* 2010; 19(4); S. 365-367.
30. **KRASNER P.**, Rankow H. J.: Anatomy of the Pulp-Chamber Floor. *Journal of Endodontics* 2004; 30(1); S. 5-16.
31. **VERTUCCI F.J.**, Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics* 2005; 10; S. 3-29.
32. **CLEGHORN B.M.**, Christie W.H., Dong C.C.: Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *Journal of Endodontics* 2006;32; S. 813–821.
33. **al SHALABI R.M.** [u. a.] (2000) Root canal anatomy of maxillary first and second permanent molars. *International Endodontic Journal* 2000;33; S. 405-412.
34. **NG Y-L.**, Aung T.H., Alavi A., Gulabivala K.: Root and canal morphology of Burmese maxillary molars. *International Endodontic Journal* 2001;34; S. 620–630.
35. **PLOTINO G.** [u. a.]: Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. *Journal of the American Dental Association* 2006;137; S. 1555–1561.
36. **SMADI L.**, Khraisat A.: Detection of a second mesiobuccal canal in the mesiobuccal roots of maxillary first molar teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2007;103; S. e77–e81.
37. IMURA 2008

38. **WENG X.L.** [u. a.]: Root canal morphology of permanent maxillary teeth in the Han nationality in Chinese Guanzhong area: a new modified root canal staining technique. *Journal of Endodontics* 2009;35; S. 651–656.
39. **PEIKOFF M.D.,** Christie W.H., Fogel H.M.: The maxillary second molar: variations in the number of roots and canals. *International Endodontic Journal* 1996;29; S. 365–369.
40. **IMURA N.** [u. a.]: Two canals in mesiobuccal roots of maxillary molars. *International Endodontic Journal* 1998;31; S 410–414.
41. **PECORA J.D.** [u. a.]: Morphologic study of the maxillary molars. Part II: Internal anatomy. *Braz. Dent. J.* 1992;3(1); S. 53-57.
42. **KULID J.C.,** Peters D.D.: Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *Journal of Endodontics* 1990;16(7); S. 311-317.
43. **PETERS O.A.** [u. a.]: Three-dimensional Analysis of Root Canal Geometry by High-resolution Computed Tomography. *Journal of Dental Research* 2000;79(6); S. 1405-1409.
44. **PLOTINO G.,** [u. a.]: Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. *Journal of the American Dental Association* 2006;137(11); S.1555-1561.
45. **NIELSEN B.R.** [u. a.]: Microcomputed tomography: An advanced system for detailed endodontic research. *Journal of Endodontics* 1995;21(11); S. 561-568.
46. **ZHANG R.** [u. a.]: Use of CBCT to identify the morphology of maxillary permanent molar teeth in a Chinese subpopulation. *International Endodontic Journal* 2011;44(2); S. 162-169.
47. **GRANDE N.M.** [u. a.]: Micro-computerized tomographic analysis of radicular and canal morphology of premolars with long oval canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2008;106(3); S. e70-e76.
48. **VERMA P.,** Love R.M.: A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *International Endodontic Journal* 2011;44(3); S. 210-217.
49. **HARTWELL G.** [u. a.]: The incidence of four canals in maxillary first molars – a clinical determination. *Journal of the American Dental Association* 2007;138; S. 1344–1346.