Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-Kiefer-und-Gesichtschirurgie Direktor: Prof. Dr. Dr. H.-R. Metelmann und dem Institut für Anatomie und Zellbiologie Direktor: Prof. Dr. K. Endlich der Medizinischen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Thema:Zwischenfälle bei der zahnärztlichen Lokalanästhesieam Foramen mandibulae – eine anatomische Studie

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

der

Medizinischen Fakultät

der

Ernst-Moritz-Arndt-Universität

Greifswald

2008

vorgelegt von: Annette Ritter-Weiß geboren am: 15.10.1975 in: Holé/Äthiopien

Dekan: Univ. Prof. Dr. rer. nat. Heyo K. Kroemer

- 1. Gutachter: Prof. em. Dr. F.-U. Meyer
- 2. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. Th. Koppe
- 3. Gutachter: Prof. Dr. R. Graf

Ort, Raum, Tag der Disputation: Greifswald, Hörsaal für Anatomie, 03.12.2008

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Entwicklung der A. maxillaris	2
1.2 Topographie der A. maxillaris	3
1.3 Topographie des Foramen mandibulae	4
1.4 Gefäßbedingte Zwischenfälle bei Lokalanästhesien am Foramen mandibulae	5
1.5 Techniken zur Anästhesie des N. alveolaris inferior	8
2. Material und Methoden	11
2.1 Material	11
2.2 Methoden	11
2.2.1 Anatomische Präparation	11
2.2.2 Vermessungstechnik	12
2.2.3 Statistische Bearbeitung	16
3. Ergebnisse	17
3.1 Messungen an der A. maxillaris	20
3.2 Verlaufsbeschreibung und Lage der A. maxillaris	21
3.3 Messungen an A. alveolaris inferior und A. meningea media	23
3.4 Entfernung der A. maxillaris vom Foramen mandibulae	27
3.5 Ergebnisse der Korrelationsanalyse	32
3.6 Ergebnisse der Regressionsanalyse	33
4. Diskussion	40
4.1 Diskussion der Ergebnisse	40
4.2 Schlussfolgerungen	45
5. Zusammenfassung	47
6. Literaturverzeichnis	49
Anhang	

1. Einleitung

Bei chirurgischen Eingriffen kommt der Schmerzausschaltung eine zentrale Bedeutung zu. Viele Eingriffe sind durch die gezielte Schmerzausschaltung überhaupt erst möglich geworden. Die Lokalanästhesie gilt als eine örtlich begrenzte Methode zur reversiblen Schmerzausschaltung ohne Bewusstseinsverlust (Karow und Lang-Roth 2005). Die Zahl der in Deutschland durchgeführten zahnärztlichen Lokalanästhesien wird auf 30 Millionen jährlich geschätzt (Meyer 1999). Davon ist die Leitungsblockade des N. alveolaris inferior die am häufigsten eingesetzte und möglicherweise wichtigste Leitungsanästhesietechnik in der zahnärztlichen Praxis (Malamed 2004). Schwere Komplikationen, wie Erblindung oder gar fatale Verläufe, sind sehr selten. Zur Häufigkeit ernster Zwischenfälle existieren keine zuverlässigen Angaben. Kilian und Burri (1972) gingen von einem Todesfall auf 100 000 bis 200 000 Lokalanästhesien aus. Herrmann (1975) berichtet über 88 Todesfälle jährlich nach einer Lokalanästhesie in der Bundesrepublik Deutschland. Hierbei ist nicht klar, ob ein kausaler Zusammenhang zwischen Todesfall und der Lokalanästhesie bestand oder ob es sich um ein zufälliges Versterben während der Behandlung handelte (Klammt 2000). Die angegebenen Zahlen erscheinen aus heutiger Sicht sehr hoch. Es muss jedoch auch mit einer Dunkelziffer der Angaben gerechnet werden.

Die Komplikationen nach zahnärztlichen Lokalanästhesien traten meist plötzlich und unerwartet aus scheinbar voller Gesundheit auf. Sie standen in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit der Injektion, wobei auch die Dauer der Zwischenfälle in der Regel zeitlich kurz begrenzt war (Rood 1972, Goldenberg 1983, Goldenberg 1990, Dryden 1993, Lustig and Zusman 1999, Wilkie 2000, Chiappelli and Cajulis 2002). Die dabei verwendeten Injektionsmengen und Dosierungen lagen deutlich unter den so genannten Grenzdosen/Maximaldosen der entsprechenden Arzneimittel. Bei relativer oder absoluter Überdosierung eines Lokalanästhetikums sind jedoch Intoxikationen möglich.

Für lokale und systemische unerwünschte Reaktionen bei der Lokalanästhesie werden verschiedene Ursachen diskutiert, wie

- topographisch-anatomische Bedingungen im Injektionsgebiet und in der Umgebung (Wong and Jacobsen 1992, Jastak et al. 1995);
- pharmakologische Eigenschaften des Injektionsmittels (Malamed 2004);
- Injektionstechnik des Anwenders (Laskin 1984, Schwenzer 2000);
- Gesundheitszustand des Patienten (Cooley and Cottingham 1979), und

- Pathologie im Injektionsgebiet (Madan et al. 2002).

Die beste Behandlung toxischer Wirkungen ist deren Vermeidung im Vorfeld (Welbury et al. 2005).

Ausgehend von diesen Überlegungen soll in der vorliegenden Studie den topographischanatomischen Beziehungen der A. maxillaris und ihren Ästen in der Umgebung des Foramen mandibulae besonderes Interesse entgegengebracht werden.

Im Einzelnen verfolgt diese Arbeit folgende Ziele:

- 1. Verlaufsbeschreibung der A. maxillaris in der Fossa infratemporalis
- 2. Vermessung des Abstands der A. maxillaris zum Foramen mandibulae
- 3. Vermessung des Durchmessers der A. maxillaris
- 4. Morphometrische Charakterisierung der A. alveolaris inferior und A. meningea media
- 5. Diskussion der klinischen Bedeutung der Messergebnisse

1.1 Entwicklung der A. maxillaris

Die embryologische Entwicklung der Kopfarterien wird auf unterschiedliche Weise dargestellt. So beschreibt Starck (1975) die Aorta als unpaare Strombahn, welche aus paarig angelegten ventralen und dorsalen Aorten entsteht, deren kaudale Abschnitte zu einem späteren Zeitpunkt verschmelzen. Als Verbindungsarterien zwischen ventralen und dorsalen Aorten dienen zunächst die rostral gelegenen so genannten Kiemen- oder Pharyngealbogenarterien. Bei menschlichen Embryonen sind insgesamt 6 Kiemenbogenarterienpaare angelegt, welche zeitlich nacheinander ausgebildet werden. Aus den dorsalen Aorten entsteht die paarig angelegte primitive A. carotis interna, aus den ventralen die ebenfalls paarige primitive A. carotis externa.

Eine besondere Bedeutung kommt den 3. Kiemenbogenarterien zu, welche die ventralen und dorsalen Aorten definitiv verbinden. In diesem Bereich ist später die Karotisgabel zu finden. Aus den 2. Kiemenbogenarterien entsteht die A. stapedia, die u.a. folgende Äste abgibt: die Supraorbitalarterie, die später zur A. meningea media wird, die A. maxillaris und A. alveolaris inferior.

Hinrichsen (1990) sieht die Ausbildung einer ventralen Aorta als unwahrscheinlich an. Die Pharyngealbogenarterien verbinden den Saccus aorticus mit den dorsalen Aorten, wobei sich die kranialen Pharyngealbogenarterien zurückbilden. Aus der ersten Pharyngealbogenarterie entsteht die A. carotis interna, die nach deren Obliteration zu einem Ast der 3. Pharyngealbogenarterie wird. Die A. carotis externa entwickelt sich aus dem Gefäßplexus, der nach der Rückbildung der ersten beiden Pharyngealbogenarterien zurückbleibt, dem so genannten subpharyngealen Plexus.

Biermann (1943), Braus (1960) sowie Lanz und Wachsmuth (2004) stellen die Entwicklung der A. maxillaris in engen Zusammenhang mit der Entwicklungsgeschichte der A. stapedia.
Diese teilt sich in 3 Äste: Ramus supraorbitalis, Ramus infraorbitalis und Ramus mandibularis. Der Ramus mandibularis gewinnt später Anschluss an die A. carotis externa.
Die A. stapedia wird weitgehend rückgebildet. Das Anfangsstück der A. maxillaris entwickelt sich schließlich aus der Anastomose zwischen Ramus mandibularis und A. carotis externa.
Die A. alveolaris inferior ist der Ramus mandibularis und die A. meningea media der Ramus supraorbitalis der A. stapedia (Braus 1960). Nach Biermann (1943) wird der Ramus supraorbitalis zur A. ophthalmica und der Ramus infraorbitalis zur A. maxillaris. Lanz und Wachsmuth (2004) beschreiben einen Ramus ventralis der A. stapedia, welcher zur A. maxillaris und A. alveolaris inferior wird, und einen Ramus dorsalis, welcher die A. meningea media bildet.

Larsen et al. (2001) fassen zusammen, dass die aus den Kiemenbogenarterien 1 bis 3 hervorgehenden definitiven Strukturen bilateral vorliegen, während Kiemenbogenarterien 4 und 6 sich asymmetrisch weiterentwickeln. Aus Überresten der 1. Kiemenbogenarterien entstehen Teile der A. maxillaris, aus den 2. Kiemenbogenarterien Teile der A. stapedia. Aus den 3. Kiemenbogenarterien entstehen A. carotis communis und proximale Teile der A. carotis interna, deren distale Teile aus den dorsalen Aorten entstehen. Die A. carotis externa entsteht aus der A. carotis communis, also letztlich ebenfalls aus den 3. Kiemenbogenarterien.

Carlson (2004) führt aus, dass die 5. Kiemenbogenarterie, falls sie überhaupt angelegt ist, nur von einigen Kapillarschlingen repräsentiert wird. Aus den ersten 3 Kiemenbogenarterien entwickeln sich die Karotiden.

1.2 Topographie der A. maxillaris

Die A. maxillaris wird von proximal nach distal in die Abschnitte Pars mandibularis, Pars pterygoidea und Pars pterygopalatina unterteilt. Zur Beschreibung des komplexen, dreidimensionalen Verlaufs der A. maxillaris finden sich unterschiedliche Ansätze. So wird häufig ihr Verlauf medial oder lateral des M. pterygoideus lateralis dargestellt. Im Wesentlichen wird hierbei ihr Verhalten in der Horizontalebene beschrieben, d. h. ihr

3

oberflächlicher oder tiefer Verlauf in der Fossa infratemporalis.

Diesbezüglich bestehen populationsspezifische Unterschiede. Adachi (1928) stellt bei Japanern in nur 6% der untersuchten Fälle einen medialen Verlauf fest, verglichen mit ca. 50% bei Europäern. Ganz ähnlich fallen die Ergebnisse von Sashi et al. (1996) aus, die an einer japanischen Population die mediale Verlaufsvariante in 7 % der Fälle fanden. Rischmüller and Meiring (1991) finden in der untersuchten afrikanischen Population einen medialen Verlauf in 46% der Fälle.

Fasst man die Ergebnisse von Lurje (1947), Krmpotic-Nemanic et al. (1985), Ortug und Moriggl (1991), Pretterklieber et al. (1991), Bergmann et al. (2000) sowie Harn and Durham (2003) zu dieser Fragestellung zusammen, so ergeben sich in 37,2 % der Fälle eine mediale und in 62,8 % eine laterale Lage der A. maxillaris zum M. pterygoideus lateralis.

Biermann (1943) verweist auf die chirurgische Bedeutung von Lagevariationen der A. maxillaris hinsichtlich der benachbarten Nervenstränge. Bei einer medialen Lage zum N. alveolaris inferior bzw. N. lingualis ist die A. maxillaris zusätzlich fixiert und kann bei Injektionen im Trigeminusgebiet weniger ausweichen.

1.3 Topographie des Foramen mandibulae

Aufgrund der Häufigkeit von Leitungsanästhesien des N. mandibularis am Foramen mandibulae in der zahnärztlichen Praxis kommt der Lage des Foramen mandibulae ein besonders hoher Stellenwert zu. Zur Vermessung der Position des Foramen mandibulae bzw. der Mandibula finden sich verschiedene Ansätze, z.B. die Vermessung und statistische Auswertung von Knochenpräparaten (Bremer 1952, Lang und Öder 1984, Hetson et al. 1988) oder Röntgen- bzw. CT-Aufnahmen (Benham 1976, Keros et al. 2001, Fujimura et al. 2006).

Aus klinischer Sicht ist sowohl der vertikale Abstand des Foramen mandibulae zur Okklusionsebene als auch die antero-posteriore Position des Foramens auf dem Ramus mandibulae von Interesse. In der Milchgebissperiode liegt das Foramen mandibulae unterhalb der Okklusionsebene (Fischer 1955, Welbury et al. 2005), bei Erwachsenen 7-10 mm darüber (Stein 1909, Benham 1976). Fischer (1955) lokalisiert es 20 mm oberhalb des Alveolarkammes des zahnlosen Kiefers, während Balogh and Csiba (1972) lediglich auf eine Abhängigkeit seiner Position von der Bezahnung des Unterkiefers hinweisen.

Bremer (1952) findet an Unterkiefern von Erwachsenen- und Greisenschädeln einen

vertikalen Abstand zwischen Okklusionsebene und Lingula mandibulae von 4,9 +/- 3,5 mm. Lang und Öder (1984) finden im Rahmen einer morphometrischen Studie der Mandibula, dass der Abstand des Foramen mandibulae zum Vorderrand der Mandibula sowie zum Angulus mandibulae mit steigendem Alter zunimmt. Anders ausgedrückt bewegt sich die Position des Foramen mandibulae relativ gesehen nach kranial und dorsal. In der Erwachsenengruppe werden die größten Abstände gemessen, aufgrund von Umbauprozessen nehmen diese in der Greisengruppe wieder geringfügig ab. Im Gegensatz dazu stellt Benham (1976) keine signifikanten altersabhängigen Unterschiede der antero-posterioren Position des Foramen mandibulae auf dem Ramus mandibulae fest.

Keros et al. (2001) sehen einen Zusammenhang zwischen relativ kranialen und ventralen Positionen des Foramen mandibulae und Misserfolgen bei der Mandibularisanästhesie.

1.4 Gefäßbedingte Zwischenfälle bei Lokalanästhesien am Foramen mandibulae

In der Fossa infratemporalis verläuft neben der A. maxillaris und ihren Ästen der venöse Plexus pterygoideus. Aufgrund der dichten Vaskularisation ist das Risiko einer unbeabsichtigten Gefäßpunktion in dieser Region sehr hoch (Blanton and Jeske 2003). Dieses Risiko wird durch die anatomische Variabilität der Gefäßverläufe erhöht. Durch die Aspirationsprobe soll eine folgenschwere intravasale Injektion des Lokalanästhetikums verhindert werden. Angaben über die Häufigkeit positiver Aspirationsproben bei der Anästhesie des N. mandibularis variieren in der Literatur. Bishop (1983) und Jastak et al. (1995) geben 7,9% an, Malamed (2004) nennt 11,7% und Frangiskos et al. (2003) 20%. Eine negative Aspirationsprobe schließt Zwischenfälle nicht aus (Dryden 1993, Lustig and Zusman 1999). Meyer und Böttcher (1982) fanden fast 50% der positiven Blutaspirationen erst nach Spritzendrehung und empfehlen daher eine mindestens zweifache Aspirationsprobe. Eine differenzierte Auseinandersetzung mit Zwischenfällen bei der zahnärztlichen Lokalanästhesie und deren möglichen Ursachen findet seit den 70-er Jahren des vergangenen Jahrhunderts statt (Tomlin 1974, Aldrete and Narang 1975). Für die Entstehung dieser Zwischenfälle gibt es verschiedene Erklärungsmöglichkeiten. In neueren Publikationen (Haesman and Reid 1995, Brodsky and Dower 2001) wird eine direkte Penetration der A. maxillaris als Komplikation der Mandibularanästhesie bereits diskutiert. In älteren Publikationen wird vorwiegend eine Gefäßpenetration der A. alveolaris inferior (Blaxter and Britten 1967, Rood 1972) angenommen.

Die relative Häufigkeit von Zwischenfällen bei der Mandibularanästhesie bietet Anlass zur Diskussion über mögliche Risikofaktoren bzw. Prädispositionen, beispielsweise hinsichtlich Alter und Geschlecht. Während Schiano and Strambi (1964) keine geschlechts- oder altersspezifischen Unterschiede feststellen, treten nach Bishop (1983) und Frangiskos et al. (2003) besonders hohe Raten positiver Aspirationsproben bei Jugendlichen auf. Morelli (1952) findet junge Frauen besonders gefährdet, wahrend Goder et al. (1977) bei Rauchern oder so genannten vasolabilen Patienten eine erhöhte Rate von Zwischenfällen feststellen und eine psychische Komponente nicht ausschließen. Clarke and Clarke (1987) postulieren eine Konversionsreaktion bei einem 10-jährigen Mädchen, die nach Mandibularanästhesie trotz Abdeckens eines Auges über Doppelbilder klagte.

Lokale Komplikationen

Eine seltene, aber schwerwiegende Komplikation stellt eine Gefäßpunktion mit konsekutiver Erblindung dar. Die Amaurosis kann pathophysiologisch entweder durch eine Ischämie oder durch toxische Wirkungen des Lokalanästhetikums am Sehnerven bzw. den Augenmuskeln entstehen (Walsh and Hoyt 1957, zitiert nach Rood 1972). Zur Ischämie können verschiedene Mechanismen führen. Zum einen kann es sich um ein embolisches Geschehen, z. B. eine Fettembolie (McGrew et al. 1978), handeln, zum anderen kann es zu einem Vasospasmus der Blutgefäße kommen. Der Vasokonstriktorzusatz von Lokalanästhetika bewirkt eine Kontraktion des Gefäßnetzes von endoluminal, dabei wird die Durchblutung des abhängigen Hirngewebes so lange herabgesetzt, bis der Vasokonstriktor abgeflutet ist bzw. resorbiert wurde. Ein Vasospasmus der A. centralis retinae wird über weitergeleitete Reflexe des sympathischen perivaskulären Nervengeflechts der A. carotis interna und externa erklärt (Morelli 1952, Goder et al. 1977, Kronman and Kabani 1984). Dies kann ebenfalls zu einer ischämischen Schädigung von Hirngewebe führen. McCleve and Goldstein (1995) diskutieren eine kombinierte embolisch-vasospastische Ischämiegenese.

Eine direkte intraarterielle Injektion des Lokalanästhetikums kann zu einer toxischen Schädigung des Sehnerven oder der Augenmuskeln führen. Dabei gelangt das Lokalanästhetikum, evtl. in Kombination mit einem Vasokonstriktor, in die A. centralis retinae. Dort wird eine Amaurosis transitoria ausgelöst, welche sich nach Abfluten des Pharmakons in den meisten Fällen zurückbildet (Wilkie 2000, Webber et al. 2001). Dies ist bei der unten beschriebenen anatomischen Varietät möglich.

Im Regelfall erfolgt die Blutversorgung der Retina durch die A. centralis retinae über die A. ophthalmica aus der A. carotis interna. Zuweilen kann die Versorgung auch über die A. meningea media aus der A. carotis externa erfolgen. Eine der Anastomosen zwischen

6

A. carotis externa und A. carotis interna stellt die A. lacrimalis aus der A. ophthalmica dar, welche mit der A. meningea media anastomosiert (Leonhardt et al. 1988). Singh and Dass (1960) beschreiben 4 Fälle, in denen die A. ophthalmica zwar regulär aus der A. carotis interna abzweigt, ihre Hauptblutzufuhr jedoch über eine prominente Anastomose der
A. lacrimalis mit der A. meningea media erhält. In zwei der von Singh and Dass untersuchten Fälle war die A. ophthalmica kurz nach ihrem Abzweig aus der A. carotis interna obliteriert. In diesen Fällen bezog die Retina ihre Blutversorgung allein aus der A. meningea media. Die A. meningea media geht in 1% der Fälle aus der A. ophthalmica hervor (Leonhardt et al. 1988). Individuen, bei denen die Retina über die A. meningea media versorgt wird, sind bei der zahnärztlichen Lokalanästhesie besonders gefährdet, okuläre Zwischenfälle zu erleiden. Ein Kasus einer permanenten Erblindung nach Infiltrationsanästhesie am Oberkiefer wird von Walsh and Hoyt (zitiert nach Rood 1972) beschrieben.

Allgemeine Komplikationen

Durch die intravasale Gabe von Lokalanästhetika besteht die Möglichkeit einer Intoxikation. Besonders groß ist das Risiko bei einer Leitungsanästhesie am aufsteigenden Unterkieferast im Bereich des Foramen mandibulae (Schiano and Strambi 1964). Die engen anatomischen Verhältnisse von A. maxillaris, A. alveolaris inferior und A. meningea media wurden eingangs bereits erwähnt. Bei schneller Injektion eines Lokalanästhetikums über die A. meningea media kann es zu einer bolusartigen Überflutung von Gefäßarealen des Gehirns kommen (Aldrete and Narang 1975, Aldrete et al. 1977).

Das Blutvolumen des Gehirns ist abhängig von der Lagerungsposition des Patienten (Lovell et al. 2000, Alperin et al. 2005). Die quantitative Bestimmung der Hirndurchblutung durchlief in den vergangenen 100 Jahren eine Entwicklung, die mit dem Fick´schen Prinzip ihren Anfang nahm (Fick 1874). Dieses besagt, dass die Menge eines Stoffes, welche von einem Organ pro Zeiteinheit aufgenommen wird, dem Blutfluss durch das Organ multipliziert mit seiner arteriovenösen Konzentrationsdifferenz entspricht. Während der 1970-er und 1980-er Jahre wurden tomographischen Methoden wie PET und SPECT eingeführt (Obrist 2002). Eine jüngere Entwicklung stellt die Verwendung intravaskulärer Bolustechniken in Computer- und Magnetresonanztomographien zur Messung des cerebralen Blutflusses dar (Calamante et al. 1999, Cenic et al. 1999).

Der normale Durchblutungswert beträgt 50 ml/100 g Gehirn/min. Pro Minute strömen etwa 750 ml Blut durch das Gehirn. Das Blutvolumen des Gehirns beträgt rund 130 ml (Hartmann 1983).

7

Das Intoxikationsrisiko soll am Beispiel von Lidocain, eines in der zahnärztlichen Praxis häufig verwendeten Lokalanästhetikums, veranschaulicht werden. 2 ml Lidocain 2% enthalten 40 mg, also 40 000 µg Lidocain (Meyer 1992). Die toxische Schwellendosis liegt bei etwa 5 bis 6 µg Lidocain je ml (Schwenzer 2000). Zum Überschreiten der toxischen Schwellendosis für den Hirnkreislauf sind 5 µg x 130 ml erforderlich, d.h. 650 µg Lidocain. Würde eine Injektion von 2ml Lidocain 2%, das entspricht 40 Tropfen, in den Hirnkreislauf gelangen, wäre dies mehr als die 60fache toxische Dosis. Die Toxizitätsgrenze wäre bereits mit einem Drittel Tropfen einer zweiprozentigen Lidocainlösung überschritten, was zu Störungen des zentralen Nervensystems wie Unruhe, Schwindel, Krämpfe oder Bewusstlosigkeit führen könnte.

1.5 Techniken zur Anästhesie des N. alveolaris inferior

Da die Technik einer Lokalanästhesie Einfluss auf eine mögliche intravasale Kanülenlage haben kann (Dryden 1993), sollen nachfolgende Leitungsanästhesieverfahren am Foramen mandibulae dargestellt werden. Hierbei wird die Unterbrechung der Erregungsleitung des N. mandibularis bzw. N. alveolaris inferior angestrebt. Eine gezielte Injektion in die Umgebung des anatomisch variabel lokalisierten Foramen mandibulae wird dadurch erschwert, dass der aufsteigende Unterkieferast nicht in der Verlängerung der Zahnreihe liegt, sondern nach dorsal divergiert.

Direkte Technik

Sie stellt klinisch gut sichtbare, intraorale Weichteilmerkmale in den Vordergrund. Für den Erfolg dieser Technik sind die richtige Wahl des Einstichpunktes sowohl vertikal als auch horizontal und die richtige Einschubrichtung der Kanüle entscheidend. Zunächst wird die Winkelhalbierende zwischen der Vorderkante des aufsteigenden Unterkieferastes und der bei weit geöffnetem Mund sichtbaren Plica pterygomandibularis gebildet. Danach wird die Höhe des Einstiches festgelegt. In Abhängigkeit vom Alter liegt das Foramen mandibulae unterschiedlich hoch (vgl. Kap. 1.3). Meist ist an dieser Stelle eine kleine Schleimhauteinziehung, die Pterygotemporaldepression, sichtbar (Schwenzer 2000). Mitunter ist in gleicher Höhe am Vorderrand des aufsteigenden Unterkieferastes auch eine knöcherne Kerbe tastbar, die so genannte Coronoid-Kerbe.

Der Zeigefinger der nicht injizierenden Hand wird auf das Trigonum retromolare gelegt und markiert den Einstichpunkt. Je nach Divergenz des aufsteigenden Unterkieferastes erfolgt der ideale Einstich aus Richtung der Prämolaren der Gegenseite. Die Kanüle wird dabei ohne zu schwenken geradlinig und parallel zur Kauebene geführt. In einer Tiefe von etwa 5 mm nach dem Einstich wird ein kleines Anästhesiedepot zur Ausschaltung des N. lingualis gesetzt. Danach wird die Kanüle weiter vorgeschoben und bekommt nach etwa 20 mm Knochenkontakt im Bereich des Sulcus colli mandibulae. Nach erneuter Aspirationsprobe werden langsam 1 bis 1,5 ml der Anästhesielösung injiziert. Für diese Anästhesietechnik wird eine Erfolgsrate von 80-85 % angegeben (Kaufman et al. 1984).

Indirekte Technik oder Schwenktechnik

Die indirekte Technik orientiert sich am knöchernen aufsteigenden Unterkieferast. Der Einstich erfolgt an der Vorderkante dessen in gleicher Höhe wie bei der direkten Technik gleichfalls von der Gegenseite kommend. Die Kanülenspitze bekommt bereits kurz nach dem Einstich Knochenkontakt. Die Spritze wird nun zur Injektionsseite geschwenkt, so dass die Kanüle den Unterkieferast medial passieren kann. Dabei geht der Knochenkontakt verloren. Durch ein erneutes Schwenken der Spritze zur Prämolarenregion der Gegenseite und leichtes Vorschieben der Kanülenspitze wird der Knochenkontakt wiederhergestellt und die Kanüle bis zum Foramen mandibulae geführt, wo das Anästhesiedepot abgegeben wird. Durch die Spritzenschwenkung wird das Weichgewebe gezerrt, was schmerzhaft sein kann. Durch die stärkere Belastung besteht die Gefahr eines Kanülenbruchs. Aus diesen Gründen findet die indirekte Technik nur noch begrenzte Anwendung.

Gow-Gates-Technik

Diese Technik weist nach ausreichender Erprobung eine hohe Erfolgsrate zwischen 91 und 100% auf (Heine et al. 1985). Ziel der Gow-Gates-Technik ist es, das Anästhesiedepot weiter superior und lateral als bei der klassischen Technik, also sicher oberhalb der Lingula, zu setzen. Der Einstichpunkt der Nadel liegt hierbei etwas höher als bei der klassischen Technik. Dann wird die Nadel mit Zielrichtung Tragus vorgeschoben. Diese Form der Leitungsanästhesie trifft den Nerv noch vor dem Abgang der akzessorischen Nervenästchen, welche vor dem Eintritt in den Canalis mandibularis abgegeben werden. Sie treten dann durch akzessorische Foramina in den Knochen ein und werden mit obiger Technik mit betäubt. Die betäubende Wirkung setzt schnell ein (Gow-Gates 1973). Bei dieser Technik wird eine geringe Rate von Gefäßpunktionen angenommen (Coleman and Smith 1982, Dryden 1993), Watson and Gow-Gates (1992) nennen eine positive Aspirationsrate von 1,6 %. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist ihre relativ schmerzfreie Durchführbarkeit (Watson 1973).

Anteriore Technik

Bei der anterioren Technik wird das Lokalanästhetikum vor dem Foramen mandibulae im Spatium pterygomandibulare injiziert. Die Erfolgsrate entspricht in etwa der konventionellen Technik bei geringerer Komplikationsrate (Takasugi et al. 2000).

Akinosi-Technik

Diese Injektionstechnik ähnelt der Technik nach Gow-Gates, allerdings wird das Anästhesiedepot bei geschlossener Zahnreihe und etwas weiter distal gesetzt (Heine et al. 1985). Vorteile dieser Methode sind die relative Schmerzfreiheit, nur eine Punktion, schnelles Eintreten der Anästhesie, Einsetzbarkeit bei Kiefersperre, die geringe Rate von Nadelbrüchen (Akinosi 1977), sowie eine geringe Rate von Anästhesieversagern (Gustainis and Peterson 1981).

2. Material und Methoden

2.1 Material

Der Verlauf der A. maxillaris wurde anhand von 34 fixierten humanen Kopf-Hals-Präparaten untersucht. Nach Abschluss der Präparierkurse in Human- und Zahnmedizin wurden diese vom Institut für Anatomie und Zellbiologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald zur Bearbeitung bereitgestellt. Die Präparate stammen von Körperspendern, also Personen, die sich zu Lebzeiten bereit erklärten, ihren Leichnam für wissenschaftliche Zwecke und der Lehre über einen längeren Zeitraum zur Verfügung zu stellen. Es wurden 15 linke und 19 rechte Kopf-Hals-Präparate unterschiedlicher Individuen untersucht.

Die Präparate stammen von Leichen, die mittels einer durch die A. femoralis infundierten Lösung zunächst von innen konserviert wurden. Die Infusionslösung hatte folgende Zusammensetzung: Wasser (58 Teile), Thymol (2 Teile), Glycerin (5 Teile), 35%-ige Formaldehydlösung (9 Teile), 96%-iger Alkohol (26 Teile). Anschließend wurden die Präparate über ein Jahr in speziellen Aufbewahrungsaggregaten gelagert, in welchen sie mit einer Fixierungsflüssigkeit im Umlaufverfahren besprüht wurden. Die Sättigung der im Aggregat befindlichen, ruhenden Luft war dabei so hoch, dass dies einer Aufbewahrung in der Flüssigkeit selbst nahe kam. Nach Absetzung der Kopfpräparate wurden diese in einer Konservierungslösung mit folgendem Gemisch gelagert: Wasser und 96%-iger Alkohol (insgesamt 96 Teile), 35 %-ige Formaldehydlösung (3 Teile), Thymol (ca. 1 Teil). Es muss mit einer durch die Konservierung bedingten Gewebeschrumpfung gerechnet werden.

2.2 Methoden

2.2.1 Anatomische Präparation

Zunächst war es erforderlich, die Mandibula am Kopf-Hals-Präparat zu exartikulieren. Dazu wurde die Gelenkkapsel des Kiefergelenks eröffnet und das Caput mandibulae mit einem scharfen Präpariermesser aus dem Gewebeverband gelöst. Hierbei galt es, die in enger Nachbarschaft verlaufenden Gefäßstrukturen der A. carotis externa unversehrt zu belassen. Anschließend wurde die der Mundhöhle zugewandte Fläche der Mandibula frei präpariert. Ausgehend vom Kieferwinkel wurden unter gleichzeitigem Zug an der Mandibula die Ansätze der Kaumuskulatur und die zum Foramen mandibulae ziehenden A. und N. alveolaris inferior durchtrennt. Nun war es möglich, den Unterkiefer nach lateral zu klappen. Die Muskelansätze des M. genioglossus, des M. geniohyoideus und des M. digastricus, Venter anterior, wurden geschont. Dadurch konnte die Mandibula bei der späteren Sondierung des Foramen mandibulae am reponierten Kiefergelenk in ihre Ursprungsposition zurückversetzt werden.

Ausgehend von der Gabelung der A. carotis communis in A. carotis externa und A. carotis interna, im Folgenden als Karotisgabel bezeichnet, wurde zunächst die A. carotis externa retrograd frei präpariert. Die A. maxillaris wurde aufgesucht und deren Pars mandibularis dargestellt. Danach fand die Identifikation der beiden interessierenden Gefäßabgänge, A. alveolaris inferior und A. meningea media, statt. Es folgte die Darstellung der A. meningea media in der Tiefe bis zum Eintritt in das Foramen spinosum. An einigen Präparaten war die Mandibula bereits exartikuliert und die Fossa infratemporalis teilweise präpariert.

2.2.2 Vermessungstechnik

Die folgenden morphometrischen Untersuchungen wurden durchgeführt, um eine räumliche Vorstellung der A. maxillaris, Pars mandibularis, und ihrer wesentlichen Relation zum Foramen mandibulae zu erhalten.

Indirekte Messungen

Diese beziehen sich auf die Sagittalebene und werden im Folgenden genauer beschrieben. Der vertikale Abstand zwischen der Karotisgabel und dem Abgang der A. maxillaris wurde vermessen. Ausgangspunkt hierzu war das Zentrum der Karotisgabel, Endpunkt der Mittelpunkt des Querschnittes der A. maxillaris an ihrem Abgang aus der A. carotis externa hinter dem Ramus mandibulae (Abb. 1).



Abb. 1 Aufzweigung der A. carotis communis mit Abgang der A. maxillaris (verändert nach Rauber et al., 1951). Die A. carotis externa ist ohne ihre weiteren Arterienabgänge dargestellt.
A. Abstand Karotisgabel – Ursprung A. maxillaris; 1. A. temporalis superficialis;
2. A. maxillaris

Um die Lagebeziehungen der A. alveolaris inferior und A. meningea media zum Foramen mandibulae zu untersuchen, musste es sondiert werden. Hierzu war es erforderlich, die Mandibula zurückzuklappen und das Kiefergelenk zu reponieren. Die Sonde wurde im Bereich der Lingula mandibulae gesetzt. Bei erneut weg geklapptem Unterkiefer wurden anschließend die vertikalen und horizontalen Distanzen zwischen der Lingula mandibulae und den Abgängen der A. alveolaris inferior und A. meningea media vermessen (Abb. 2 und 3).



Abb. 2 Schematische Darstellung der A. maxillaris mit Arterienästen (Ausschnitt aus Abb. 1). B. Vertikaler Abstand Foramen mandibulae – Ursprung A. alveolaris inferior; C. Vertikaler Abstand Foramen mandibulae – Ursprung A. meningea media; FM. Foramen mandibulae; orange. A. meningea media; grün. A. alveolaris inferior



Abb. 3 Schematische Darstellung der A. maxillaris mit Arterienästen. D. Horizontaler Abstand Foramen mandibulae – Ursprung A. alveolaris inferior; E. Horizontaler Abstand Foramen mandibulae – Ursprung A. meningea media; FM. Foramen mandibulae; orange. A. meningea media; grün. A. alveolaris inferior

Zwischen dem Abgang der A. maxillaris, als klinischer Orientierungspunkt gilt der Tragus (Meyer, persönliche Kommunikation), und der Unterkante des Os zygomaticum wurde eine Hilfslinie HL konstruiert. Diese diente dazu, den Gesamtverlauf der A. maxillaris, insbesondere der Pars mandibularis, darstellen zu können. Die Lage der A. maxillaris zu dieser Hilfslinie HL wurde qualitativ und quantitativ erfasst. Auf einer Senkrechten zur Hilfslinie HL wurde an den Gefäßabgängen die Distanz zur A. maxillaris bestimmt. Je nach Verlaufstyp der A. maxillaris wurden Distanzen nach kranial oder kaudal der Hilfslinie HL vermessen (vgl. Kap. 3.2). Diese wurden in eine Skizze der Schädelhälfte mit den frei präparierten Gefäßstrukturen integriert (Abb. 4). Hier wurde auch vermerkt, wenn die A. maxillaris Besonderheiten aufwies, wie einen stark geschlängelten, bzw. gar torquierten Verlauf.



Abb. 4 Verlauf der A. maxillaris bezüglich der Hilfslinie HL. F. Abstand A. maxillaris –Hilfslinie (hier kraniale Distanz); OZ. Os zygomaticum (durchtrennt); HL. Hilfslinie zwischen Tragus und Unterkante des Os zygomaticum

Direkte Messungen

Neben indirekten Messungen erfolgten einige direkte Messungen ohne Bezugsebene. Es handelt sich zum einen um die Distanzen nach distal zwischen dem Abgang der A. maxillaris und den Abgängen der A. alveolaris inferior und A. meningea media (Abb. 5). Zum anderen wurde die extrakranielle Länge der A. meningea media vermessen (Abb. 6).

Alle Längenmaße wurden mit Hilfe eines Stechzirkels abgenommen und mit einer digitalen Schieblehre ausgemessen (Mitutoyo Digimatic Caliper; Typ Nr. 2084, Serien Nr. 500). Die Messergebnisse wurden auf 0,1 Millimeter genau angegeben. Der Durchmesser der A. maxillaris am Abgang wurde direkt mit der Schieblehre ausgemessen.



Abb. 5 Schematische Darstellung der A. maxillaris mit Arterienästen.

H. Abstand Ursprung A. maxillaris – Ursprung A. alveolaris inferior; I. Abstand Ursprung A. maxillaris – Ursprung A. meningea media; orange. A. meningea media; grün. A. alveolaris inferior



Abb. 6 Extrakranielle Länge der A. meningea media. J. Abstand Ursprung A. meningea media – Foramen spinosum; OS. Os sphenoidale; orange. A. meningea media; grün. A. alveolaris inferior

2.2.3 Statistische Bearbeitung

Für die jeweiligen Messungen wurden die zugehörigen Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Bei ausgewählten Messungen wurde eine Verteilung der Messwerte in Klassen vorgenommen.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Entfernung der A. maxillaris vom Foramen mandibulae gelegt. Die horizontalen und vertikalen Entfernungen der A. maxillaris vom Foramen mandibulae wurden jeweils an den Ursprüngen der A. alveolaris inferior und der A. meningea media vermessen. Die Punkte wurden in ein Koordinatensystem übertragen, in dem die Lingula des Foramen mandibulae dem Nullpunkt entspricht (vgl. Kap. 3.4).Unter der Annahme einer bivariaten Normalverteilung wurden mit Hilfe des Statistikprogramms SAS (Version 9.1.3) die Parameter der Normalverteilung geschätzt und aus der geschätzten Verteilung Vorhersagewerte für die Entfernung der A. maxillaris zum Foramen mandibulae bestimmt. Es wurde ein statistischer Vorhersagebereich errechnet, in welchem sich bei Vorliegen der angenommenen bivariaten Normalverteilung weitere Messergebnisse befinden. Dies wird in Ellipsen dargestellt, die jeweils die 99%- bzw. 95%-Vorhersagebereiche der bivariaten Normalverteilung beschreiben. Die äußeren Ellipsen stellen die 99%-, die inneren Ellipsen die 95%-Vorhersagebereiche dar. Die Korrelationsanalyse wurde mittels der Statistikprogramme SAS (JMP Version 3) und SPSS (Version 12.0) durchgeführt.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse aller durchgeführten Einzelmessungen sind der Messwertetabelle im Anhang zu entnehmen. Eine Übersicht über die Mittel- und Extremwerte und die Standardabweichung der durchgeführten Messungen gibt die nachstehende Tabelle.

A. maximaris und ausgewählter Arterien	laste. Angaben	in mm		
	\overline{x}	SD	Min	Max
Vertikaler Abstand des Ursprungs der	63,6	8,7	48,3	79,3
A. maxillaris von der Karotisgabel				
(Maß A)				
Außendurchmesser der A. maxillaris	3,8	0,74	2,6	5,5
an ihrem Ursprung (Maß K)				
Abstand des Ursprungs der	11,8	7,8	0	19,1
A. alveolaris inferior vom Ursprung				
der A. maxillaris (Maß H)				
Abstand des Ursprungs der	14,9	4,7	4,8	24,8
A. meningea media vom Ursprung der				
A. maxillaris (Maß I)				
Extrakranielle Länge der A. meningea	15,1	6,7	5,8	35,1
media (Maß J)				

Tab. 1 Mittelwerte und Standardabweichungen direkter und indirekter Messungen an der A. maxillaris und ausgewählter Arterienäste. Angaben in mm

 \bar{x} . Mittelwert; SD. Standardabweichung; Min. kleinster Messwert; Max. größter Messwert

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen beispielhaft 2 unserer insgesamt 34 Präparate mit farblicher Kennzeichnung der A. alveolaris inferior und A. meningea media.



Abb. 7 Kopf–Hals–Präparat (Nr. 32) mit farblicher Kennzeichnung der A. alveolaris inferior (grüner Pfeil) und A. meningea media (roter Pfeil)



Abb. 8 Kopf–Hals–Präparat (Nr. 23) mit farblicher Kennzeichnung der A. alveolaris inferior (grüner Pfeil) und A. meningea media (roter Pfeil)

3.1 Messungen an der A. maxillaris

Vertikaler Abstand des Ursprungs der A. maxillaris von der Karotisgabel

Die Bandbreite der Messwerte bewegte sich zwischen 48,3 mm und 79,3 mm (Tab. 1). Sie wurden in 4 Klassen zu je einer Klassenbreite von 10 mm eingeteilt (Abb.9). Mehr als 60 % der Messwerte befanden sich in den Klassen II und III.



Vertikaler Abstand Ursprung A. maxillaris von Karotisgabel

Abb. 9 Vertikaler Abstand des Ursprungs der A. maxillaris von der Karotisgabel. n. Anzahl

Außendurchmesser der A. maxillaris an ihrem Ursprung

Die Durchmesser betrugen zwischen 2,6 mm und 5,5 mm, der Mittelwert betrug 3,8 mm (Tab. 1). Sie wurden in 3 Klassen zu je einer Klassenbreite von 1,5 mm eingeteilt (Abb. 10). In der Klasse II befanden sich über 50 % der Messwerte.



Durchmesser der A. maxillaris

Abb. 10 Äußerer Durchmesser der A. maxillaris an ihrem Ursprung. n. Anzahl

3.2 Verlaufsbeschreibung und Lage der A. maxillaris

Zwischen Tragus und der Unterkante des Os zygomaticum wurde eine Hilfslinie HL gezogen (vgl. Kap. 2.2.2). Insgesamt wurden 3 Verlaufstypen (A–C) beobachtet. Typ A: Die A. maxillaris beschreibt einen kontinuierlichen Steigungsverlauf (Abb. 11). Diese Variante fand sich bei 13 Präparaten (38,2 %).

Typ B: Die A. maxillaris beschreibt einen anfänglichen Bogen, der danach in die Steigung übergeht, jedoch jederzeit oberhalb der Hilfslinie HL bleibt (Abb. 12). Diese Variante wiesen ebenfalls 13 Präparate (38,2 %) auf.

Typ C: Die A. maxillaris unterkreuzt in einem Bogen die Hilfslinie HL (Abb. 13). 8 Präparate (23,6 %) wiesen diesen Arterienverlauf auf.



Abb. 11 Verlaufsvariante Typ A der A. maxillaris. Beachte den kontinuierlichen Steigungsverlauf; a. A. alveolaris inferior; b. A. meningea media; HL. Hilfslinie



Abb. 12 Verlaufsvariante Typ B der A. maxillaris. Die kaudale Seite ihrer Arterienwand (Pfeil) liegt in Höhe der Hilfslinie HL; a. A. alveolaris inferior; b. A. meningea media



Abb. 13 Verlaufsvariante Typ C der A. maxillaris. Die A. maxillaris liegt abschnittsweise (Pfeil) kaudal der Hilfslinie HL; a. A. alveolaris inferior; b. A. meningea media

Eine Übersicht über die den Verlaufstypen zugeordneten Mittelwerte der vertikalen Abstände zwischen Foramen mandibulae und den Ursprüngen von A. alveolaris inferior und A. meningea media (Maße B und C) bietet Tabelle 2. Der Verlaufstyp C weist die kleinsten Mittelwerte des vertikalen Abstands auf, der Verlaufstyp A die größten.

ensprungen von M. urveoluns interior (Wus D) und M. meningen media (Wus C) in inter									
Verlaufstyp	\overline{x} (Maß B)	\overline{x} (Maß C)							
Тур А	12,7	17,4							
Тур В	11,9	17,0							
Тур С	9,8	16,3							

Tab. 2 Mittelwerte der vertikalen Abstände zwischen Foramen mandibulae und den Ursprüngen von A. alveolaris inferior (Maß B) und A. meningea media (Maß C) in mm

Maß B. Mittelwert des vertikalen Abstands zwischen Foramen mandibulae und Ursprung der A. alveolaris inferior; Maß C. Mittelwert des vertikalen Abstands zwischen Foramen mandibulae und Ursprung der A. meningea media

Bei einem Präparat war die A. maxillaris mit der Gelenkkapsel des Kiefergelenks fest verwachsen. Ein torquierter Verlauf der A. maxillaris wurde bei einem Präparat beobachtet.

3.3 Messungen an A. alveolaris inferior und A. meningea media

Reihenfolge der Arterienäste

Die Abstände der Ursprünge von A. alveolaris inferior und A. meningea media bezüglich des Ursprungs der A. maxillaris wurden vermessen (Maße H und I). Die Messwerte wurden in 5 Klassen zu je einer Klassenbreite von 5 mm eingeteilt (Abb. 14). Über 50 % der Messwerte der A. alveolaris inferior lagen in der Klasse III. In den Klassen III und IV lagen über 70 % der Messwerte der A. meningea media. Der Ursprung der A. alveolaris inferior lag in der Regel proximal des Ursprungs der A. meningea media (Typ 1, Abb. 15). Von den 34 untersuchten Präparaten wiesen 18 Präparate (52,9 %) diese Variante auf. In 10 Fällen (29,4 %) wurde die umgekehrte Reihenfolge, ein proximaler Ursprung der A. meningea media, beobachtet (Typ 2, Abb. 15).

Bei 6 Präparaten (17,7 %) fand sich die anatomische Variante, bei der sich die Arterienursprünge genau gegenüberlagen (Typ 3, Abb. 15). In einem Fall entsprang die A. alveolaris inferior gemeinsam mit einer anderen Arterie, dem ersten nach kaudal gerichteten Arterienast der A. maxillaris, welcher nach Abgabe der A. alveolaris inferior die A. maxillaris überkreuzte und nach kranial zog (Typ 1a, Abb. 15). Da es sich um einen proximalen Ursprung der A. alveolaris inferior handelt, wird der Fall dem Lagetyp 1 zugeordnet.



Abstand zwischen Ursprung der A. maxillaris und Ursprüngen ausgewählter Äste

Abb. 14 Abstand zwischen Ursprung der A. maxillaris und den Ursprüngen von A. alveolaris inferior und A. meningea media. n. Anzahl



Abb. 15 Lagevariationen von A. alveolaris inferior und A. meningea media. a. A. alveolaris inferior; b. A. meningea media; c. Anatomische Varietät; *Typ 1*. A. alveolaris inferior entspringt proximal der A. meningea media aus der A. maxillaris; *Typ 1a*. A. alveolaris inferior entspringt gemeinsam mit einer anderen Arterie aus der A. maxillaris; *Typ 2*. A. meningea media entspringt proximal der A. alveolaris inferior; *Typ 3*. A. alveolaris inferior und A. meningea media entspringen gegenüberliegend

Häufigkeitsverteilung der Lagevariationen von A. alveolaris inferior und A. meningea media



Abb. 16 Häufigkeitsverteilung der Lagevariationen von A. alveolaris inferior und A. meningea media. grün: Typ 1; orange. Typ 2; grau. Typ 3, alle Typen aus Abb. 13

Extrakranielle Länge der A. meningea media

Es wurden Längen zwischen 5,8 mm und 35,1 mm gemessen (Tab 1). Sie wurden in 7 Klassen zu je einer Klassenbreite von 5 mm eingeteilt (Abb. 17). Über 85 % der Messwerte befanden sich in den Klassen II und III.





Abb. 17 Extrakranielle Länge der A. menigea media. n. Anzahl

3.4 Entfernung der A. maxillaris vom Foramen mandibulae

In den folgenden Abbildungen 18 bis 20 sind die horizontalen und vertikalen Abstände der A. maxillaris (vermessen an den Ursprüngen von A. alveolaris inferior und A. meningea media, Maße B-E) vom Foramen mandibulae dargestellt. Der statistische Vorhersagebereich für weitere Messergebnisse ist in Form von Prognoseellipsen dargestellt (vgl. Kap. 2.2.3). Der Messbereich für die vertikalen Abstände erstreckt sich von 4,8 mm (vermessen am Ursprung der A. alveolaris inferior) bis 29 mm (vermessen am Ursprung der A. meningea media). Für die horizontalen Abstände wurden Messwerte von 1,1 mm (vermessen am Ursprung der A. meningea media) bis 20,7 mm (vermessen am Ursprung der A. alveolaris inferior) gefunden.

Die meisten Messergebnisse liegen im linken oberen Quadranten, also kranial und dorsal des Foramen mandibulae. Der eingezeichnete Punkt MW (Mittelwert) ist ein Punkt aus 2 Koordinaten. Die y- Koordinate entspricht dem Mittelwert des vertikalen Abstands des jeweiligen Arterienursprungs vom Foramen mandibulae. Die x-Koordinate wird entsprechend durch den Mittelwert des horizontalen Abstands gebildet. Der Punkt MW im Diagramm der A. alveolaris inferior (Abb. 18) hat die Koordinaten (9,3mm/11,2mm). Für das Diagramm der A. meningea media (Abb. 19) gilt entsprechend MW (10 mm/17,1 mm).



Abb. 18 Prognoseellipse für den Abstand der A. maxillaris vom Foramen mandibulae (am Ursprung der A. alveolaris inferior).

Vertikale Achse. Vertikaler Abstand Ursprung A. alveolaris inferior - Foramen mandibulae in mm; Horizontale Achse. Horizontaler Abstand Ursprung A. alveolaris inferior - Foramen mandibulae in mm; FM. Foramen mandibulae; äußere Ellipse. 99 % - Vorhersagebereich; innere Ellipse. 95 % - Vorhersagebereich; MW. Erläuterung im Text



Abb. 19 Prognoseellipsen für den Abstand der A. maxillaris vom Foramen mandibulae (am Ursprung der A. meningea media).

Vertikale Achse. Vertikaler Abstand Ursprung A. meningea media - Foramen mandibulae in mm; Horizontale Achse. Horizontaler Abstand Ursprung A. meningea media - Foramen mandibulae in mm; FM. Foramen mandibulae; äußere Ellipse. 99 % - Vorhersagebereich; innere Ellipse. 95 % - Vorhersagebereich; MW. Erläuterung im Text





Vertik. Abstand Abgänge A. alveolaris inferior & A. menigea media - Foramen mandibulae in mm

maxillaris (am Ursprung der A. alveolaris inferior und alveolaris inferior und A. meningea media - Foramen mandibulae in mm; Horizontale Achse. Horizontaler Vorhersagebereich; MW. Erläuterung im Text; blau. meningea media - Foramen mandibulae in mm; FM. besseren Veranschaulichung wurde hier die Kontur A. meningea media) vom Foramen mandibulae als Vertikale Achse. Vertikaler Abstand Ursprünge A. Abb. 20 Prognoseellipsen für den Abstand der A. Abstand Ursprünge A. alveolaris inferior und A. A. alveolaris inferior; grün. A. meningea media Kombination der Abbildungen 18 und 19. Zur Foramen mandibulae; äußere Ellipse. 99 % Vorhersagebereich; innere Ellipse. 95 % einer Mandibula eingezeichnet.

Horiz. Abstand Abgänge A. alveolaris inferior & A. menigea media - Foramen mandibulae in mm

3.5 Ergebnisse der Korrelationsanalyse

Mittels einer Korrelationsanalyse wurden die Messwerte auf statistische Zusammenhänge untersucht. Einen Überblick über die Ergebnisse dieser Analyse liefert Tabelle 3. Es besteht jeweils ein signifikanter Zusammenhang zwischen den horizontalen (Maße D und E) und vertikalen (Maße B und C) Abständen der Arterienursprünge von A. alveolaris inferior und A. meningea media zum Foramen mandibulae. Außerdem korrelieren die vertikalen und horizontalen Abstände der A. alveolaris inferior zum Foramen mandibulae (Maße B und D). Der vertikale Abstand zwischen A. alveolaris inferior und Foramen mandibulae (Maß B) korreliert eng mit dem Abstand zwischen den Ursprüngen von A. alveolaris inferior und A. maxillaris (Maß H).

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der extrakraniellen Länge der A. meningea media (Maß J) und ihrem Abstand zum Ursprung der A. maxillaris (Maß I) sowie ihrem vertikalen Abstand zum Foramen mandibulae (Maß C).

	Α	В	С	D	Ε	Н	Ι
В	0,004						
С	0,150	0,683**					
D	-0,020	-0,245	-0,148				
Ε	0,224	-0,121	-0,114	0,602**			
Н	-0,065	0,542**	0,190	-0,439*	0,009		
Ι	-0,038	0,043	0,312	0,264	0,002	-0,083	
J	-0,112	-0,151	-0,506**	-0,126	0,006	0,228	-0,505**

Tab. 3 Korrelationsanalyse ausgewählter Messergebnisse

A. Vertikaler Abstand Karotisgabel zu Ursprung A. maxillaris; B. Vertikaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. alveolaris inferior; C. Vertikaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. meningea media; D. Horizontaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. alveolaris inferior; E. Horizontaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. meningea media; H. Abstand zwischen Ursprüngen der A. maxillaris und A. alveolaris inferior; I. Abstand zwischen Ursprüngen der A. maxillaris und A. meningea media; J. Extrakranielle Länge der A. meningea media; * p < 0,05; ** p < 0,01

3.6 Ergebnisse der Regressionsanalyse

Die einfache lineare Regressionsanalyse diente der Darstellung wechselseitiger Zusammenhänge der korrelierenden Messwerte. Die Ergebnisse dieser Analyse sind Tabelle 4 zu entnehmen. Die Korrelationspaare sind in den Abbildungen 21-26 dargestellt. An 2 der präparierten Schädelhälften war das Foramen mandibulae nicht erhalten, die Maße B-E konnten deshalb nur für 32 Präparate angegeben werden. Für alle weiteren Maße gilt n=34.

Merkmalspaare	n	Anstieg	Schnittpunkt mit	r
			y-Achse	
B-C	32	0,592x	10,5	0,683**
D-E	32	0,613x	4,34	0,602**
C–J	32	-0,469x	22,98	-0,506**
I–J	34	-0,499x	22,58	-0,505**
B-H	32	0,342x	7,69	0,542**
D-H	32	-0,224x	13,57	-0,439*

Tab. 4 Ergebnisse der einfachen linearen Regressionsanalyse ausgewählter Messergebnisse

Merkmalspaare. Korrelierende Maße; n. Anzahl, Erklärung s. Text; r. Korrelationskoeffizient; B. Vertikaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. alveolaris inferior; C. Vertikaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. meningea media; D. Horizontaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. alveolaris inferior; E. Horizontaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. meningea media; H. Abstand zwischen Ursprüngen von A. maxillaris und A. alveolaris inferior; I. Abstand zwischen Ursprüngen von A. maxillaris und A. meningea media; J. Extrakranielle Länge der A. meningea media; * p < 0,05; ** p < 0,01







Regressionsgeraden relativ eng an. Im Bereich der mittleren positiven horizontalen Abstände der A. alveolaris inferior zum Foramen mandibulae findet sich eine besonders hohe Punktdichte.





Punktes liegt die Punktwolke der Regressionsgeraden mit zunehmendem Abstand zwischen den Ursprüngen von A. maxillaris und A. meningea media immer enger an.



Regressionsgeraden relativ eng an, insbesondere bei größeren vertikalen Abständen der A. alveolaris inferior zum Foramen mandibulae. Ein Punkt bildet hier eine Ausnahme.



D und H. Die Punktwolke liegt der Regressionsgeraden mit zunehmendem Abstand der Ursprünge von A. alveolaris inferior und A. meningea media immer enger an.

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Ergebnisse

Ursprung der A. maxillaris

Die A. maxillaris zweigt in der Fossa infratemporalis als ein Endast der A. carotis externa ab. Wir vermaßen den vertikalen Abstand zwischen Ursprung der A. maxillaris und Karotisgabel und erhielten Messwerte mit einer Streubreite von mehr als 30 mm bei einem Mittelwert von 63,6 mm. In der uns zur Verfügung stehenden Literatur gibt es hierzu keine direkten Vergleichswerte.

Die Streubreite der Messergebnisse lässt sich dadurch erklären, dass die anatomische Lage der Karotisbifurkation ebenfalls großen interindividuellen Schwankungen unterliegt. So vermaßen Querry et al. (2001) die Entfernung der Karotisbifurkation zum Gonion der Mandibula. Ihre Messwerte weisen eine Streubreite von 75 mm auf. Qualitative Beschreibungen zum Ursprung der A. maxillaris liefern Quain (1844), Joessel (1878), Delitzin (1890) und Bergmann et al. (2000). Es werden Fälle eines gemeinsamen Abgangs der A. maxillaris und A. facialis beschrieben, welche Delitzin als A. maxillaris communis bezeichnet. Quain (zitiert in Bergmann et al. 1988) berichtet über eine Doppelt-Anlage der A. maxillaris mit Schädeleintritt durch separate Foramina.

Durchmesser der A. maxillaris

Nach dem Hagen-Poiseuille`schen Gesetz ist die Stromstärke proportional zur 4. Potenz des Radius (Trautwein et al. 2004). Der Gefäßdurchmesser ist somit eine hämodynamisch bedeutsame Größe. Der Mittelwert unserer Messungen, gemessen am Arterienursprung, liegt mit 3,8 mm geringfügig unterhalb des von Roda and Blanton (1998) mit 4,3 mm ermittelten Wertes. Wir fanden Durchmesser zwischen 2,6 mm und 5,5 mm. Dies entspricht näherungsweise den Werten von Biermann (1943), der Kaliberschwankungen zwischen 2 mm und 6 mm beschreibt.

Die Berechnung des Gefäßinnendurchmessers gelingt mittels der Formel

$$V = \frac{W}{\rho} = L\pi \left(R_0^2 - R_i^2\right)$$
 zur Berechnung der arteriellen Wanddicke (Nichols et al. 1990)

Hierbei wird zunächst das Volumen des Präparates über sein Gewicht W und seine Dichte ρ (z.B. durch das Gewicht in Wasser oder Luft) bestimmt. Die in vivo gemessenen Größen

Außenradius R₀ und Länge L erlauben eine Berechnung des Innenradius R_i und schließlich der Wanddicke h. Dabei beträgt nach Gow and Taylor (1968) das Verhältnis Wanddicke h zu Außenradius R₀ an der A. carotis $\frac{h}{R_0} = 0,13$. Überträgt man diese relative Wanddicke auf unsere Messergebnisse, so lassen sich folgende Innendurchmesser (Lumina) angeben. Der Mittelwert beträgt 3,3 mm, die Extremwerte 2,3 mm und 4,8 mm. Lang (2001) gibt mit 1,77 mm einen kleineren Mittelwert an. Diese Ergebnisse sind nur begrenzt vergleichbar, da Lang seine Messungen 5 mm distal des Ursprunges der A. maxillaris durchführte.

Verlaufsbeschreibung und Lage der A. maxillaris

Zu den Kernaussagen der vorliegenden Arbeit gehört es, den Verlauf der A. maxillaris zu erfassen. Dabei stand die Verlaufsbeschreibung der A. maxillaris in der Sagittal- und Frontalebene im Mittelpunkt unserer Arbeit. Hierzu nahmen wir eine Typisierung der Verlaufsformen A bis C vor, wie sie uns aus der verfügbaren Literatur bisher noch nicht bekannt ist (vgl. Kap. 3.2).

Von besonderem klinischem Interesse sind proximale Extremverläufe der A. maxillaris zum Foramen mandibulae. In unserer Arbeit werden sie vom Verlaufstyp C dargestellt, der in 23,6% der Fälle vorkam.

Lacouture et al. (1983) hin, beschreiben eine Inzidenz von 88% an bogenförmigen, nach kaudal gerichteten Verläufen der A. maxillaris.

Ferner ist eine Verlaufsbeschreibung der A. maxillaris in der Horizontalebene möglich. Hier wird die Lagebeziehung zum M. pterygoideus lateralis untersucht. Schlüsselarbeiten zu dieser Fragestellung lieferten Adachi (1928), Lurje (1947), Ortug und Moriggl (1991), Pretterklieber et al. (1991) und Vrionis (1996). Zu diesem Ansatz kann in unserer Arbeit keine Stellung bezogen werden.

Reihenfolge der Arterienäste der A. maxillaris

Bei der Präparation wurden Unterschiede in der Reihenfolge der Abzweigungen von A. alveolaris inferior und A. meningea media festgestellt. Eine frühe Dokumentation dieser anatomischen Variabilität gelang Kopsch (1906) durch die Skizzen seiner akademischen Zeichner Tiedemann und Frohse.

In mehr als 50 % unserer untersuchten Fälle entsprang die A. alveolaris inferior proximal der A. meningea media aus dem Stammgefäß der A. maxillaris. Lippert and Pabst (1985) geben

in 34% der Fälle einen proximalen Abgang der A. alveolaris inferior und in 4% gegenüberliegende Abgänge an. Weitere Vergleichswerte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen. Jergenson et al. (2005) und Khaki et al. (2005) berichten jeweils über einen Fall, bei dem der Abgang der A. alveolaris inferior direkt aus der A. carotis externa erfolgte.

Autor	Anzahl der	Proximaler	Proximaler	Gegenüberliegende
	Darstellungen	Ast AAI	Ast AMM	Arterienabzweigung
Agur and Dalley	2		2	
(2005)				
Bardeleben und	1			1
Haeckel (1901)				
Bertolini (1995)	2	1	1	
Corning (1931)	2	1		1
Drake et al.	2		1	1
(2005)				
Drenckhahn	1		1	
(2004)				
DuBrul (1988)	3	2	1	
Gegenbaur	1		1	
(1899)				
Heitzmann	3		1	2
(1873)				
Henle (1868)	1		1	
Kohlbach	1		1	
(2003)				
Kopsch (1906)	4	1	2	1
Lanz und	2		1	1
Wachsmuth				
(1985)				
Leonhardt et al.	5	1	4	
(1988)				

Tab. 5 Übersicht über die Darstellung des Abgangsverhaltens der A. alveolaris inferior (AAI) und A. meningea media (AMM) in diversen anatomischen Werken

Fortsetzung von To	ıb. 5			
MacKinnon and	1		1	
Morris (2005)				
Platzer (1994)	2	2		
Putz und Pabst	4		1	3
(2006)				
Quain (1837)	2		2	
Schumacher	3	1	1	1
(1993)				
Schumacher	1	1		
(2004)				
Thiel (2003)	2	2		
Tillmann (2004)	2		1	1
Summe	47	12 (25,5%)	23 (49%)	12 (25,5%)

Die folgende Tabelle liefert eine Übersicht über Publikationen zum Abgangsverhalten der obigen Arterien.

A. maximans n	ach anatonnscher I	Taparation							
Autor	Anzahl der	Proximaler Ast	Proximaler Ast	Gegenüberliegender					
	Präparate	A. alv. inf.	A. men. med.	Arterienabzweig					
Adachi	19	1	16	2					
(1928)									
Krizan	171	56	107	8					
(1960)									
Ortug und	194	47	99	48					
Moriggl									
(1991)									
Eigene	34	20	9	5					
Ergebnisse									
Summe	418	124 (29,7%)	231 (55,3%)	63 (15%)					

Tab. 6 Abgangsreihenfolge der A. alveolaris inferior und A. meningea media aus der A. maxillaris nach anatomischer Präparation

In Anlehnung an Lurje (1947), Bast (1982), DuBrul (1988) Suwa et al. (1990) und Harn and Durham (2003), wird der von uns als anatomische Varietät beschriebene Fall 1a

(vgl. Kap.3.3) als gemeinsamer Stamm von A. temporalis profunda posterior und A. alveolaris inferior beschrieben.

Abstand zwischen dem Ursprung der A. maxillaris und den Ursprüngen ausgewählter Arterienäste

Als Mittelwert für den Abstand zwischen Ursprung der A. maxillaris und Abgang der A. alveolaris inferior ermittelten wir 11,8 mm. Dieser Wert liegt in vergleichbarer Nähe zu dem von Krizan (1960) publizierten Abstand von 10,7 mm. Das Präparat Nr. 13 wies als Besonderheit den Abgang der A. alveolaris inferior kaudal des Foramen mandibulae auf. Für die Abstände zwischen den Ursprüngen von A. maxillaris und A. meningea media wurde ein Mittelwert von 14,9 mm ermittelt. Unser Wert liegt hier ebenfalls nur geringfügig über den von Krizan angegebenen 13,1 mm.

Extrakranielle Länge der A. meningea media

Der Mittelwert der extrakraniellen Länge der A. meningea media lag in unserer Messreihe mit 15,1 mm knapp unter den von Krizan (1960) genannten 15, 4 mm. Die Bandbreite unserer Messwerte war jedoch um 9 mm breiter als die von Krizan gemessenen Werte. Das Präparat Nr. 2 wies mit 35,1 mm einen um mehr als 10 mm längeren extrakraniellen Verlauf der A. meningea media als die übrigen Präparate unseres Untersuchungsguts auf.

Entfernung der A. maxillaris vom Foramen mandibulae

Ein weiterer Kernpunkt der vorliegenden Arbeit beschreibt den Abstand der A. maxillaris zum Foramen mandibulae. Unsere Messungen wurden jeweils an den Abgängen von A. alveolaris inferior und A. meningea media durchgeführt.

Der Mittelwert des vertikalen Abstands der A. maxillaris zum Foramen mandibulae betrug am Ursprung der A. alveolaris inferior 11,2 mm bzw. am Ursprung der A. meningea media 17,1 mm.

Der Mittelwert des horizontalen Abstands der A. maxillaris zum Foramen mandibulae betrug am Ursprung der A. alveolaris inferior 10,4 mm und am Ursprung der A. meningea media 10,9 mm. In unserer Studie wurden Minimalabstände der A. maxillaris von 4,8 mm nach vertikal und 1,1 mm nach horizontal zum Foramen mandibulae gemessen.

Die klinische Bedeutung dieser anatomischen Beziehung spiegelt sich in den zahlreichen Publikationen unerwünschter Nebenwirkungen bei der Lokalanästhesie am Foramen mandibulae wider. Trotz des klinischen Bezugs wurden nur wenige quantitative Abstandsangaben zu dieser Fragestellung publiziert.

Lacouture et al. (1983) berichten über einen Fall, bei dem der vertikale Abstand zum Foramen mandibulae lediglich 4,0 mm betrug.

Die oben genannten Minimalabstände zwischen A. maxillaris und Foramen mandibulae, ihre Kaliberstärke und ihr variabler Verlauf legen in Übereinstimmung mit aktuellen Publikationen (Haesman and Reid 1995, Brodsky and Dower 2001) eine direkte Punktion der A. maxillaris als Ursache positiver Aspirationsproben bei der Mandibularanästhesie nahe. Dies ist im Unterschied zu der früher angenommenen Gefäßpunktion der A. alveolaris inferior insofern bedeutsam, als das ggf. fälschlich injizierte Lokalanästhetikum schneller und in größerer Menge über die A. meningea media in der A. centralis retinae anfluten kann. Hierfür ist nicht allein das größere Lumen der A. maxillaris verantwortlich, sondern auch die Flussrichtung des Blutes. Bei einer Injektion in die A. alveolaris inferior müsste der injizierte Bolus eines Lokalanästhetikums mit einem ausreichend hohen Druck appliziert werden, um gegen den nach peripher gerichteten Blutfluss zentralwärts in die A. maxillaris zu gelangen.

4.2 Schlussfolgerungen

Bezüglich der anfangs formulierten Ziele lassen sich folgende Aussagen treffen.

 Die A. maxillaris entspringt in der Fossa infratemporalis unmittelbar hinter dem Ramus mandibulae aus der A. carotis externa. Wir fanden in allen untersuchten Präparaten einen regelhaften Abgang als einzelnes Gefäß aus der A. carotis externa. In einem Fall war sie mit der Gelenkkapsel verwachsen. Der mittlere vertikale Abstand zwischen Karotisgabel und dem Abgang der A. maxillaris betrug in unserer Untersuchung 63,6 mm.
 Zur Beschreibung der Verlaufsform wurden 3 Typen definiert, Typ A, Typ B und Typ C (vgl. Abb. 11-13). Die Typen A und B waren am häufigsten.

 Der Mittelwert des vertikalen Abstands der A. maxillaris zum Foramen mandibulae betrug 11,2 mm, gemessen am Ursprung der A. alveolaris inferior, bzw. 17,1 mm, gemessen am Ursprung der A. meningea media.

Der Mittelwert des horizontalen Abstands der A. maxillaris zum Foramen mandibulae betrug 10,4 mm, gemessen am Ursprung der A. alveolaris inferior, bzw. 10,9 mm am Ursprung der A. meningea media. In unserer Studie wurden Minimalabstände der A. maxillaris zum Foramen mandibulae von 4,8 mm nach vertikal und 1,1 mm nach horizontal gemessen. Die meisten Arterienabgänge lagen kranial und dorsal des Foramen mandibulae. Einige

45

Arterienabgänge befanden sich ventral, ein Arterienabgang kaudal des Foramen.

3. Der Mittelwert des Durchmessers der A. maxillaris am Abgang betrug 3,8 mm. Hier wurden Werte bis zu 5,5 mm gemessen.

4. In unserem Untersuchungsgut war ein proximaler Abgang der A. alveolaris inferior am häufigsten, der durchschnittliche Abstand betrug 11,8 mm zum Ursprung der A. maxillaris. Die zweithäufigste Form stellte der proximale Abgang der A. meningea media dar, hier betrug der durchschnittliche Abstand 14,9 mm. Der genau gegenüberliegende Arterienabgang war die seltenste Variante. Der Mittelwert der extrakraniellen Länge der A. meningea betrug 15,1 mm.

5. Die A. maxillaris verläuft als kaliberstarkes Gefäß in der Fossa infratemporalis. Sowohl die Verlaufsform der A. maxillaris in der Fossa infratemporalis als auch die Abgangsreihenfolge ihrer Arterienäste ist variabel. Die oben genannten Minimalabstände zwischen A. maxillaris und Foramen mandibulae sowie die Kaliberstärke und Verlaufsvariabilität des Gefäßes machen das Risiko einer versehentlichen Punktion der A. maxillaris bei der Mandibularanästhesie deutlich.

5. Zusammenfassung

Die anatomischen Beziehungen der A. maxillaris in der Fossa infratemporalis wurden an 34 Kopf-Hals-Präparaten aus dem Institut für Anatomie und Zellbiologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald untersucht.

Zunächst untersuchten wir die kraniokaudale Position der A. maxillaris in der Sagittalebene. Hierzu führten wir 2 vertikale Abstandsmessungen durch. Der mittlere vertikale Abstand zwischen Karotisgabel und dem Abgang der A. maxillaris betrug 63,6 mm. Der Mittelwert der extrakraniellen Länge der A. meningea betrug 15,1 mm.

Zur Beschreibung der Verlaufsform der A. maxillaris definierten wir 3 Typen, die sich auf eine Hilfslinie zwischen Tragus und Unterkante des Os zygomaticum beziehen. Die Typen A und B waren am häufigsten. Bei dem Verlaufstyp C biegt die A. maxillaris bogenförmig nach kaudal, bevor sie wieder nach kranial ansteigt. Diese Verlaufsform zeichnet sich durch die kleinsten vertikalen Abstände zum Foramen mandibulae aus.

Die Darstellung der Relation von A. maxillaris zum Foramen mandibulae bildete einen Kernpunkt der vorliegenden Arbeit. Dies wurde anhand der vertikalen und horizontalen Abstände zum Foramen mandibulae herausgearbeitet. Die Mittelwerte des vertikalen Abstands zwischen Foramen mandibulae und Abgang der A. alveolaris inferior betrugen 11,2 mm, zum Abgang der A. meningea media 17,1 mm. Die Mittelwerte des horizontalen Abstands zwischen Foramen mandibulae und Abgang der A. alveolaris inferior betrugen 9,3 mm, zum Abgang der A. meningea media 10 mm.

Der kleinste gemessene vertikale Abstand war 4,8 mm, der kleinste horizontale 1,1 mm.

Die Reihenfolge der Arterienabgänge von A. alveolaris inferior und A. meningea media wurde untersucht. Der Mittelwert des Abstandes zwischen Ursprung der A. maxillaris und Abgang der A. alveolaris inferior betrug 11,8 mm, zum Abgang der A. meningea media 14,9 mm. Somit war in unserem Untersuchungsgut ein proximaler Abgang der A. alveolaris inferior am häufigsten (59%), gefolgt von einem proximalen Abgang der A. meningea media (26%).

Der Mittelwert des Durchmessers der A. maxillaris am Abgang betrug 3,8 mm. Der größte gemessene Durchmesser betrug 5,5 mm.

Die Fossa infratemporalis zeichnet sich durch einen großen Gefäßreichtum und eine hohe Verlaufsvariabilität der Strukturen aus. Die A. maxillaris ist ein großlumiges Gefäß, ihre Pars mandibularis weist mehrere Arterienabgänge auf. Sowohl die Verlaufsform des Stammgefäßes der A. maxillaris als auch die Reihenfolge ihrer Arterienäste ist variabel. Wir fanden die meisten Arterienabgänge kranial und dorsal des Foramen mandibulae. Dies ist insofern von Bedeutung, als bei der Lokalanästhesie am Foramen mandibulae oberhalb des vermuteten Foramens injiziert wird, um ein Absinken des Lokalanästhetikums an den Zielpunkt und eine sichere Schmerzausschaltung zu gewährleisten.

Die oben genannten Minimalabstände zwischen A. maxillaris und Foramen mandibulae, ihre Kaliberstärke und ihr variabler Verlauf legen eine direkte Punktion der A. maxillaris als Ursache positiver Aspirationsproben bei der Mandibularisanästhesie nahe. Dies ist im Unterschied zu der früher angenommenen Gefäßpunktion der A. alveolaris inferior aus folgenden Gründen bedeutsam. Gelangt ein Bolus eines Lokalanästhetikums proximal des Abgangs der A. meningea media in die A. maxillaris, so bewirkt der Vasokonstriktorzusatz eine Ischämie distal der Injektionsstelle. Bei Individuen, deren Retina über die A. meningea media versorgt wird, kann es hierbei zu ischämischen Netzhautläsionen kommen. Des weiteren kann ein Bolus eines fälschlich in die A. maxillaris injizierten Lokalanästhetikums schneller und in größerer Menge über die A. meningea media in der A. centralis retinae anfluten, um dort toxische Wirkungen hervorzurufen. Für den Kliniker ist die Kenntnis der Verlaufsformen der A. maxillaris in der Fossa infratemporalis und die Lagevarianten ihrer Arterienäste bedeutsam, um eine sichere Lokalanästhesie durchführen zu können.

6. Literaturverzeichnis

- 1. Adachi B. Das Arteriensystem der Japaner Bd. 1. Kyoto: Verlag der kaiserlichjapanischen Universität; 1928.
- Agur AMR, Dalley AF. Grant's Atlas of Anatomy. 11th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
- Akinosi JO. A new approach to the mandibular nerve block. Br J Oral Surg 1977; 15: 83-87.
- 4. Aldrete JA, Narang R. Letter: Deaths due to local analgesia in dentistry. Anaesthesia 1975; 30: 685-686.
- Aldrete JA, Narang R, Sada T, Tan Liem S, Miller GP. Reverse carotid blood flow-a possible explanation for some reactions to local anesthetics. J Am Dent Assoc 1977a; 94: 1142-1145.
- Aldrete JA, Nicholson J, Sada T, Davidson W, Garrastasu G. Cephalic kinetics of intra-arterially injected lidocaine. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1977b; 44: 167-172.
- Alperin N, Lee SH, Sivaramakrishnan A, Hushek SG. Quantifying the effect of posture on intracranial physiology in humans by MRI flow studies. J Magn Reson Imaging 2005; 22: 591-596.
- Balogh K, Csiba Á. Topographical -Anatomical Variation of the Lingula and of the Foramen Mandibulae. In: G-H Schumacher, (Ed.) Morphology of the Maxillo-Mandibular Apparatus. Leipzig: VEB Georg Thieme; 1972.
- Bardeleben Kv, Haeckel H. Atlas der Topographischen Anatomie des Menschen f
 ür Studirende und Ärzte. Jena: Verlag Gustav Fischer; 1901.
- Bast R. A. alveolaris inferior, Verlauf und Verzweigungstypen; Dissertationsschrift. Würzburg: Julius-Maximilians-Universität; 1982.
- Benham NR. The cephalometric position of the mandibular foramen with age. ASDC J Dent Child 1976; 43: 233-237.
- 12. Bergman RA. Compendium of human anatomic variation: text, atlas, and world literature. Baltimore: Urban & Schwarzenberg; 1988.
- Bergman RA, Afifi AK, Miyauchi R. Illustrated encyclopaedia of human anatomic variation. 2000.

http://www.vh.org/Providers/Textbooks/AnatomicVariantsAnatomyHP.html.

 Bertolini R. Systematische Anatomie des Menschen. 5. Auflg. Berlin: Ullstein Mosby; 1995.

- Biermann H. Die chirurgische Bedeutung der Lagevariationen der Arteria maxillaris. Anat Anz 1943; 94: 289-309.
- Bishop PT. Frequency of accidental intravascular injection of local anaesthetics in children. Br Dent J 1983; 154: 76-77.
- 17. Blanton PL, Jeske AH. Avoiding complications in local anesthesia induction: anatomical considerations. J Am Dent Assoc 2003; 134: 888-893.
- Blaxter PL, Britten MJ. Transient amaurosis after mandibular nerve block. Br Med J 1967; 1: 681.
- 19. Braus H. Anatomie des Menschen. 2. Auflg. Bd. 3. Berlin: Springer Verlag; 1960.
- 20. Bremer G. Measurements of special significance in connection with anesthesia of the inferior alveolar nerve. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1952; 5: 966-988.
- Brodsky CD, Dower JS, Jr. Middle ear problems after a Gow-Gates injection. J Am Dent Assoc 2001; 132: 1420-1424.
- Calamante F, Thomas DL, Pell GS, Wiersma J, Turner R. Measuring cerebral blood flow using magnetic resonance imaging techniques. J Cereb Blood Flow Metab 1999; 19: 701-735.
- 23. Carlson BM. Human Embryology and Development Biology. St. Louis: Mosby; 2004.
- 24. Cenic A, Nabavi DG, Craen RA, Gelb AW, Lee TY. Dynamic CT measurement of cerebral blood flow: a validation study. AJNR Am J Neuroradiol 1999; 20: 63-73.
- Chiappelli F, Cajulis OS. Intra-arterial injections. J Am Dent Assoc 2002; 133: 1166-1170.
- Clarke JR, Clarke DJ. Hysterical blindness during dental anaesthesia. Br Dent J 1987; 162: 267.
- Coleman RD, Smith RA. The anatomy of mandibular anesthesia: review and analysis.
 Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982; 54: 148-153.
- Cooley RL, Cottingham AJ, Jr. Ocular complications from local anesthetic injections. Gen Dent 1979; 27: 40-43.
- Corning HK. Lehrbuch der Topographischen Anatomie f
 ür Studierende und Ärzte. 17. Auflg. M
 ünchen: Verlag von J. F. Bergmann; 1931.
- Delitzin S. Arteria maxillaris communis; Anatomische Beobachtung. Virchows Arch Pathol Anat Physiol Klin Med 1890; 268-279:
- Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM, Gray H. Gray's Anatomy for Students.
 Philadelphia: Elsevier/Churchill Livingstone; 2005.

- Drenckhahn D. Benninghoff Anatomie. 16. Auflg. Bd. 2. München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag; 2004.
- Dryden JA. An unusual complication resulting from a Gow-Gates mandibular block. Compendium 1993; 14: 94-98.
- DuBrul EL. Sicher and DuBrul's oral anatomy. 8th ed. St. Louis: Ishiyaku EuroAmerica; 1988.
- Fick A. Compendium der Physiologie des Menschen mit Einschluß der Entwicklungsgeschichte. 2. Auflg. Wien: Braumüller; 1874.
- 36. Fischer G. Die örtliche Betäubung in der Zahnheilkunde, mit besonderer Berücksichtigung der Schleimhaut- und Leitungsanästhesie; ein Lehrbuch für Zahnärzte, Ärzte und Studierende. 10. Auflg. Leipzig: Barth; 1955.
- Frangiskos F, Stavrou E, Merenditis N, Tsitsogianis H, Vardas E, Antonopoulou I. Incidence of penetration of a blood vessel during inferior alveolar nerve block. Br J Oral Maxillofac Surg 2003; 41: 188-189.
- Fujimura K, Segami N, Kobayashi S. Anatomical study of the complications of intraoral vertico-sagittal ramus osteotomy. J Oral Maxillofac Surg 2006; 64: 384-389.
- Gegenbaur C. Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 7. Auflg. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann; 1899.
- Goder G, Rex H, Röder H, Velhagen K-H. Netzhautgefä
 ßveränderungen bei Mandibularisanästhesie; Eine Möglichkeit f
 ür Komplikationen. Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl 1977; 65: 278-283.
- Goldenberg AS. Diplopia resulting from a mandibular injection. J Endod 1983; 9: 261-262.
- 42. Goldenberg AS. Transient diplopia from a posterior alveolar injection. J Endod 1990; 16: 550-551.
- 43. Gow-Gates GA. Mandibular conduction anesthesia: a new technique using extraoral landmarks. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1973; 36: 321-328.
- 44. Gow BS, Taylor MG. Measurement of viscoelastic properties of arteries in the living dog. Circ Res 1968; 23: 111-122.
- 45. Grönroos H. Eine seltene Anordnung der Arteria maxillaris externa bei einem Erwachsenen. Anat Anz 1902; 20: 9-16.
- Gustainis JF, Peterson LJ. An alternative method of mandibular nerve block. J Am Dent Assoc 1981; 103: 33-36.

- Haesman P, Reid G. An unusual sequela to an inferior dental block injection. Br Dent J 1995; 179: 97-98.
- 48. Harn SD, Durham TM. Anatomical variations and clinical implications of the artery to the lingual nerve. Clin Anat 2003; 16: 294-299.
- Hartmann A. Physiologie und Pathophysiologie der Hirndurchblutung. In: W Dorndorf, (Hrsg.) Schlaganfälle: Klinik und Therapie. 2. Auflg. Stuttgart: Thieme; 1983.
- 50. Heine RD, Caughman WF, Gatewood RS, Clark LL. Alternative methods for inferior alveolar anesthesia. Compend Contin Educ Dent 1985; 6: 441, 445-448.
- Heitzmann C. Die descriptive und topographische Anatomie des Menschen. 7. Auflg. Wien: Wilhelm Braumüller; 1873.
- Henle J. Handbuch der Gefässlehre des Menschen. Braunschweig: Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn; 1868.
- Herrmann D. Die Intoxikation durch Lokalanästhetika in der zahnärztlichen Praxis.
 ZWR 1975; 84: 645-649.
- 54. Hetson G, Share J, Frommer J, Kronman JH. Statistical evaluation of the position of the mandibular foramen. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1988; 65: 32-34.
- Hinrichsen K. Humanembryologie. Lehrbuch und Atlas der vorgeburtlichen Entwicklung des Menschen. Berlin: Springer Verlag; 1990.
- Jastak JT, Yagiela JA, Donaldson D, Jastak JT. Local anesthesia of the oral cavity. Philadelphia: Saunders; 1995.
- 57. Jergenson MA, Norton NS, Opack JM, Barritt LC. Unique origin of the inferior alveolar artery. Clin Anat 2005; 18: 597-601.
- 58. Joessel P. Neue Anomalien der Carotis externa und der Maxillaris interna. In: W His; W Braune, (Hrsg.) Archiv f
 ür Anatomie und Entwickelungsgeschichte. Leipzig: Verlag von Veit und Comp.; 1878.
- Karow T, Lang-Roth R. Pharmakologie und Toxikologie. 13. Auflg. Pulheim: Eigenverlag; 2005.
- Kaufman E, Weinstein P, Milgrom P. Difficulties in achieving local anesthesia. J Am Dent Assoc 1984; 108: 205-208.
- 61. Keros J, Kobler, Baucic I, Cabov T. Foramen mandibulae as an indicator of successful conduction anesthesia. Coll Antropol 2001; 25: 327-331.

- Khaki AA, Tubbs RS, Shoja MM, Shokouhi G, Farahani RM. A rare variation of the inferior alveolar artery with potential clinical consequences. Folia Morphol (Warsz) 2005; 64: 345-346.
- 63. Kilian J, Burri C. Die Bewertung der einfachen Kreislaufgrößen in der unmittelbaren postoperativen Phase. Anaesthesist 1972; 21: 250-251.
- 64. Klammt J. Praxis der Zahnentfernung. Bad Soden: Aventis Pharma; 2000.
- Kohlbach W. Anatomie der Z\u00e4hne und des kraniofazialen Systems. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2003.
- Kopsch F. Rauber`s Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 7. Auflg. Bd. 3. Leipzig: Verlag von Georg Thieme; 1906.
- Krizan Z. Beiträge zur deskriptiven und topographischen Anatomie der A. maxillaris. Acta Anat 1960; 41: 319-333.
- Krmpotic-Nemanic J, Draf W, Helms J. Chirurgische Anatomie des Kopf-Hals-Bereiches. Berlin: Springer-Verlag; 1985.
- 69. Kronman JH, Kabani S. The neuronal basis for diplopia following local anesthetic injections. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1984; 58: 533-5344.
- 70. Lacouture C, Blanton PL, Hairston LE. The anatomy of the maxillary artery in the infratemporal fossa in relationship to oral injections. Anat Rec 1983; 205: 104 A.
- Lang J. Skull Base and Related Structures: Atlas of Clinical Anatomy. 2nd ed. Stuttgart: Schattauer; 2001.
- Lang J, Öder M. Über die Biomorphose der Mandibula. Gegenbaurs Morphol Jahrb 1984; 130: 185-234.
- Lanz Tv, Wachsmuth W. Praktische Anatomie. Sonderausg. 2. Auflg. Bd. 1. Berlin: Springer Verlag; 2004.
- 74. Larsen WJ, Sherman LS, Potter SS, Scott WJ. Human Embryology. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone; 2001.
- Laskin DM. Diagnosis and treatment of complications associated with local anaesthesia. Int Dent J 1984; 34: 232-237.
- Lauber H. Über einige Varietäten im Verlaufe der Arteria maxillaris interna. Anat Anz 1901; 19: 444-448.
- Leonhardt H, Tillmann B, Töndury G, Zilles K. Rauber/Kopsch Anatomie des Menschen; Lehrbuch und Atlas. Neuauflg. Bd. 4. Stuttgart: Thieme Verlag; 1988.
- Lippert H, Pabst R. Arterial variations in man: classification and frequency. München: J.F. Bergmann Verlag; 1985.

- Lovell AT, Marshall AC, Elwell CE, Smith M, Goldstone JC. Changes in cerebral blood volume with changes in position in awake and anesthetized subjects. Anesth Analg 2000; 90: 372-376.
- 80. Lurje A. On the topographical anatomy of the internal maxillary artery. Acta Anat 1947; 2: 219-231.
- Lustig JP, Zusman SP. Immediate complications of local anesthetic administered to 1,007 consecutive patients. J Am Dent Assoc 1999; 130: 496-499.
- MacKinnon PCB, Morris JF. Oxford textbook of functional anatomy. 2nd ed. New York: Oxford University Press; 2005.
- Madan GA, Madan SG, Madan AD. Failure of inferior alveolar nerve block. J Am Dent Assoc 2002; 133: 843-846.
- 84. Malamed SF. Handbook of local anesthesia. 5th ed. St. Louis: Mosby; 2004.
- 85. McCleve DE, Goldstein JC. Blindness secondary to injections in the nose, mouth, and face: cause and prevention. Ear Nose Throat J 1995; 74: 182-188.
- McGrew RN, Wilson RS, Havener WH. Sudden blindness secondary to injections of common drugs in the head and neck: I. Clinical experiences. Otolaryngology 1978; 86: 147-151.
- Meyer FU. Die Aspirationsprobe vor der Lokalanästhesie. Quintessenz 1992; 43: 333-337.
- Meyer FU. Complications of local dental anesthesia and anatomical causes. Ann Anat 1999; 181: 105-106.
- Meyer FU, Böttcher U. Die Aspirationsprobe bei der Lokalanästhesie. Stomatol DDR 1982; 32: 20-23.
- 90. Morelli G. Weitere Beobachtungen bei Amaurosis transitoria nach Mandibular-Anästhesie. Osterr Z Stomatol 1952; 49: 559-562.
- Nichols W, O'Rourke M. McDonald's Blood Flow in Arteries. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1990.
- 92. Obrist WD. History of Cerebral Blood Flow Assessment. In: MR Pinsky, (Hrsg.) Cerebral Blood Flow: Mechanisms of Ischemia, Diagnosis and Therapy. Berlin: Springer; 2002.
- 93. Ortug G, Moriggl B. Untersuchungen über die Topographie der A. maxillaris innerhalb der Fossa infratemporalis. Anat Anz 1991; 172: 197-202.
- 94. Platzer W. Pernkopf Anatomie; Atlas der topographischen und angewandten Anatomie des Menschen. 3. Auflg. München: Urban & Schwarzenberg; 1994.

- 95. Pretterklieber M, Skopakoff C, Mayr R. The human maxillary artery reinvestigated: I. Topographical relations in the infratemporal fossa. Acta Anat 1991; 142: 281-287.
- Putz R, Pabst R. Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen. 21. Auflg. Bd. 1. München: Urban & Fischer; 2000.
- Putz R, Pabst R. Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen. 22. Auflg. Bd. 1.
 München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag; 2006.
- Quain J. The Vessels of the Human Body; in a Series of Plates with References and Physiological Comments. London: Taylor and Walton; 1837.
- Querry RG, Smith SA, Stromstad M, Ide K, Secher NH, Raven PB. Anatomical and functional characteristics of carotid sinus stimulation in humans. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2001; 280: H2390-2398.
- 100. Rauber A, Kopsch F. Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen. 18. Auflg. Bd.2. Leipzig: Georg Thieme Verlag; 1951.
- Rischmüller B, Meiring JH. Course and relationships of the arteria maxillaris. Acta Anat 1991; 142: 77-80.
- 102. Roda RS, Blanton PL. The anatomy of local anesthesia. Tex Dent J 1998; 115: 15-25.
- Rood JP. Ocular complication of inferior dental nerve block. A case report. Br Dent J 1972; 132: 23-24.
- 104. Sashi R, Tomura N, Hashimoto M, Kobayashi M, Watarai J. Angiographic anatomy of the first and second segments of the maxillary artery. Radiat Med 1996; 14: 133-138.
- 105. Schiano AM, Strambi RC. Frequency of accidental intravascular injection of local anesthetics in dental practice. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1964; 17: 178-184.
- Schumacher G-H. Anatomie des Kiefer-Gesichts-Bereiches. 4. Auflg. Berlin: Ullstein und Mosby; 1993.
- 107. Schumacher G-H. Topographische Anatomie des Menschen. 7. Auflg. München: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag; 2004.
- 108. Schwenzer N. Lokale Schmerzausschaltung (Lokalanästhesie). In: N Schwenzer; M Ehrenfeld, (Hrsg.) Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. 3. Auflg. Bd. 3 (Zahnärztliche Chirurgie). Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2000.
- 109. Singh S, Dass R. The central artery of the retina. I. Origin and course. Br J Ophthalmol 1960; 44: 193-212.
- 110. Starck D. Embryologie. Ein Lehrbuch auf allgemein biologischer Grundlage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1975.

- 111. Stein A. Das Foramen mandibulare und seine Bedeutung für die Leitungsanästhesie am Unterkiefernerven; Habilitationsschrift. Königsberg i. Pr.: Emil Masuhr; 1909.
- 112. Suwa F, Takemura A, Ehara Y, Takeda N, Masu M. On the arteria maxillaris which passes medial to the pterygoideus lateralis muscle of the Japanese--patterns of origin of the inferior alveolar, the masseteric and the posterior temporal arteries. Okajimas Folia Anat Jpn 1990; 67: 303-308.
- 113. Takasugi Y, Furuya H, Moriya K, Okamoto Y. Clinical evaluation of inferior alveolar nerve block by injection into the pterygomandibular space anterior to the mandibular foramen. Anesth Prog 2000; 47: 125-129.
- Thiel W. Photographischer Atlas der Praktischen Anatomie. 2. Auflg. Berlin: Springer-Verlag; 2003.
- 115. Tillmann B. Atlas der Anatomie des Menschen. Berlin: Springer-Verlag; 2004.
- 116. Tomlin PJ. Death in outpatient dental anaesthetic practice. Anaesthesia 1974; 29: 551-570.
- 117. Trautwein A, Kreibig U, Hüttermann J. Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten. 6. Auflg. Berlin: De Gruyter; 2004.
- 118. Vrionis FD, Cano WG, Heilman CB. Microsurgical anatomy of the infratemporal fossa as viewed laterally and superiorly. Neurosurgery 1996; 39: 777-785.
- 119. Watson JE. Appendix: some anatomic aspects of the Gow-Gates technique for mandibular anesthesia. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1973; 36: 328-330.
- 120. Watson JE, Gow-Gates GA. Incidence of positive aspiration in the Gow-Gates mandibular block. Anesth Pain Control Dent 1992; 1: 73-76.
- 121. Webber B, Orlansky H, Lipton C, Stevens M. Complications of an intra-arterial injection from an inferior alveolar nerve block. J Am Dent Assoc 2001; 132: 1702-1704.
- Welbury R, Duggal M, Hosey MT. Paediatric Dentistry. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press; 2005.
- 123. Wilkie GJ. Temporary uniocular blindness and ophthalmoplegia associated with a mandibular block injection. A case report. Aust Dent J 2000; 45: 131-133.
- 124. Wong MK, Jacobsen PL. Reasons for local anesthesia failures. J Am Dent Assoc 1992; 123: 69-73.

Anhang

Messwerte

A = Vertikaler Abstand	Karotisgabel zu Ursprung A.	Ina XII Jans	B = Vertikaler Abstand Foramen	mandibulae zu Ursprung A.	afveolans interior	C = Vertikaler Abstand Foramen	mandibulae zu Ursprung A.	meningea media	D = Honizontaler Abstand	 D = Horizontaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. alveolaris inferior 				 U = Honzontaler Abstand Foramen mandibulae zu Ursprung A. alveolaris inferior 			E – nouzonaer Aostand Foramen mandibulae zu Ursprung	A. meningea media		F = Kranaler Abstand A. mavillaris zu Hilfslinie HI.		$\mathbf{G} = \mathbf{K}$ audaler Abstand A.	maxillaris zu Hilfslinie HL	H = Abstand Ursprung A.	maxillaris zu Ursprung A.	alveolaris inferior	T= bhetend ITmenning b	maxilaris zu Ursprung A.	meningea media	T - T-4-1	J = EXITARIATIONE LANGE CET A. meningea media		$\mathbf{K} = Au \Im engefäßdurchmesser der$	A. maxillans an ihrem Ursprung	I = Varlanfatran & mavillaria	anonyour of Alements V - H	Alle Messungen in mm	
Г	щ	A	Ą	A	щ	щ	щ	υ	Ą	A	щ	Å	A	υ	щ	υ	Å	υ	υ	υ	A	щ	щ	щ	υ	A	A	щ	A	A	щ	щ	υ	д				
К	2,9	ς	4,2	4,3	3,2	3,2	2,8	3,9	4	4,3	3,9	3,7	2,7	3,9	3,8	5,2	3,1	5,5	4,6	3,6	4,2	3,9	3,5	5,1	3,6	2,6	4,3	3,1	3,7	2,7	4,1	4	4,3	3,3				
ſ	14,7	35,1	15,7	5,8	10,5	15,2	16,1	13	15,8	9,5	18,1	13,4	14,9	13,8	12,8	19,9	9,4	17,9	20,7	16,9	16,9	11,2	13,9	11,9	15,1	16,8	14,5	18,3	13,2	12,3	14,4	16,6	15,8	14,2				
I	14,1	4,8	12,8	17,3	9,6	9,2	15,2	9,4	17,8	14,9	11,5	24,2	20,6	19,5	12	11,2	23,9	9,3	13,8	11,8	12	16,5	11,6	17,4	14,5	17,9	18,5	15	22	24,8	18,1	12,8	12	12				
Н	15	13,1	6,3	14,5	11,1	9,1	11,9	14,2	12,8	0	12,1	10,8	2,9	15,3	9,2	13,3	6,1	13,3	19,1	13,5	15,9	14,4	9,5	9,7	14,8	14,8	11	8,5	13,6	16,3	12,6	11,1	11	14,6				
ა	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,7		8,7	0	7,3	8,8	9,8	0	0	0	0	10,9	0	0	0	0	0	0	0	6,4	0				
ы	13,7	23,8	14,6	10,1	13,6	20,3	18,5	7,2	26,9	15,8	22	10,6	7,1	6,4	∞	18,9	16,1	5,4	24	0	7,8	9,5	7,8	11,8	0	24,5	20,8	8,2	12,9	10,6	10,1	16,5	6,1	10,5				
ш	11,3	20,3	4,1	14,5	15	1,1	10,6	12,1	5,9	14,2	-10	12	7,5	15	7,5	19,6	8,5	-6,3	keine Angabe	13,3	7,8	15,3	12,4	9,5	keine Angabe	-7,1	19,6	11,2	11,8	6,9	14,8	10	20,1	13				
٩	10,8	13,2	10,3	11,7	9,1	8'0	8,7	7,1	ς	20,7	11,6	13,3	16,7	8,11	6,6	14,7	15,1	-7,3	keine Angabe	8,8	-8,6	10,4	8,1	6	keine Angabe	-10,8	53	11,7	13,7	12	11	10,8	14,8	7,5				
ບ	25,4	7,2	13,1	26,5	18,6	13,3	18,3	14,2	17,2	20,3	14,4	23,2	10,2	21,6	21,3	12,5	21	20	keine Angabe	12,9	22	14,1	18	15	keine Angabe	15,7	10,2	17,6	12,1	29	10,3	16,6	16,9	18,6				
æ	18,4	8,6	10,7	19,6	13,5	9,6	15,4	10,6	13,2	9,7	13,4	15,4	-11	15,5	14,9	4,8	4,9	13,5	keine Angabe	7,4	16,9	8,7	7,2	6	keine Angabe	10,3	9,5	13,4	11,9	24	7,8	13	7,3	10,3				
Ą	51,6	60,8	64,4	68,3	72,2	56,5	59,8	76,4	72,5	72,7	50,3	62	67,1	78,7	60,4	70,7	60,8	69,5	54,5	75	65,6	64	48,3	58,2	58,2	58,1	51,2	79,3	64,6	65,3	8	52,5	72,4	70,7				
	1	4	~	4	w	9	F		•	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	2	23	24	55	26	27	28	29	30	31	32	33	34				

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Ort, Datum

Unterschrift

Lebenslauf Annette Ritter-Weiß

15.10.1975	Geburt in Holé, Äthiopien
08/1980 - 06/1984	Grundschulausbildung in der Michael-Grzimek-Schule Nairobi, Deutsche Fernschule e.V. Giessen und Hebelschule Grenzach- Wyhlen
08/1984 - 06/1994	Gymnasialausbildung am Lise-Meitner-Gymnasium Grenzach, Michael-Grzimek-Schule Nairobi und Zinzendorf-Gymnasium Königsfeld Abschluss: Abitur
08/1995 - 07/1998	Tischlerausbildung in Freiburg im Breisgau Abschluss: Gesellenprüfung
10/1998 - 10/2002	Studium der Humanmedizin an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
10/2002 - 06/2005	Studium der Humanmedizin an der Universität zu Köln Abschluss: Drittes Staatsexamen
11/2005 - 01/2007	Assistenzärztin an der Asklepios Neurologischen Klinik Bad Salzhausen
02/2007 - 05/2007	Assistenzärztin im Krankenhaus Neuwittelsbach München
Seit 07/2007	Assistenzärztin am Klinikum München-Schwabing

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

Hiermit danke ich Herrn Prof. em. Dr. F. –U. Meyer, Klinik und Poliklinik für Mund-Kieferund-Gesichtschirurgie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, für die Überlassung des Dissertationsthemas und die gute Betreuung der Arbeit, insbesondere für zahlreiche klinisch-praktische Alltagsbezüge, die zur Herausarbeitung der Kernpunkte unabdingbar waren. Ich danke Herrn Priv.- Doz. Dr. med. Th. Koppe, Oberassisstent am Institut für Anatomie und Zellbiologie der Ernst-Moritz-Arndt- Universität Greifswald, für die engagierte Mitbetreuung, insbesondere für praktische Anregungen zur Präparation, intensive Korrekturarbeit und die Einführung in formale Grundlagen.

Herrn Prof. em. Dr. med. J. Fanghänel, ehemaliger geschäftsführender Direktor des Instituts für Anatomie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, danke ich für die zur Verfügung gestellten anatomischen Präparate. Außerdem danke ich Herrn Prof. Dr. K. Endlich, Direktor des Instituts für Anatomie und Zellbiologie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, für die Möglichkeit, diese Arbeit am Institut für Anatomie und Zellbiologie zu Ende führen zu dürfen.

Ferner danke ich Herrn Dr. rer. med. D. Alte, Diplom-Statistiker, Institut für Epidemiologie und Sozialmedizin der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, für die statistische Beratung und kritische Hinterfragung der Ergebnisse bzw. deren Präsentation.

Ich danke Herrn Dipl. Phys. H. Ritter für die freundliche technisch-logistische Hilfestellung. Meinem Mann verdanke ich neben Zuversicht und Verständnis auch zahlreiche Impulse bei den Formatierungsarbeiten und deren geduldige Umsetzung.

Ein besonderes Dankeschön möchte ich meinen Eltern aussprechen, die mir ermöglichten, diesen Ausbildungsweg einzuschlagen und mich stets mit ihrer Ermutigung begleiteten.