

Diplomarbeit

Vaskuläre Versorgung und anatomischer Aufbau der Mundbodenregion

Die A. sublingualis nur ein Endast oder doch ein Kreislauf?

eingereicht von

Dr. med. univ. Wilko Engelken Hausmann

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Lehrstuhl für makroskopische und klinische Anatomie

unter der Anleitung von

Univ. Prof. Dr. Andreas Weiglein

und

Priv. Doz. Dr. Dr. Wolfgang Zemann

Graz, den 5.9.2018

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 5.9.2018

Dr. Wilko Hausmann eh

Danksagung

Besonderer Dank gilt meinen Betreuern Univ. Prof. Dr. Andreas Weiglein und Priv. Doz. Dr. Dr. Wolfgang Zemann. Sie ermöglichten mir die selbständige Bearbeitung des Themas und waren für mich bei Fragen und Problemen stets erreichbar.

Auch bei meinen Eltern und meinen beiden Brüdern möchte ich mich bedanken, ohne deren Unterstützung mein Zahnmedizinstudium in Graz nicht möglich gewesen wäre.

Zu guter Letzt danke ich Dr. Simon Brunner, der mir wertvolle Tipps und Anregungen bezüglich der anatomischen Präparationen gab.

Zusammenfassung

Ziel:

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Topographie der Mundbodenregion mit seiner arteriellen Versorgung darzustellen und nach arteriellen Verbindungen über die Mediansagittale zu suchen.

Material und Methoden:

Zuerst wurde eine Literaturrecherche zu dem genauen anatomischen Aufbau und der vaskulären Versorgung der Mundbodenregion durchgeführt.

Im Anschluss wurden 15 Humanpräparate aus dem Institut für makroskopische und klinische Anatomie Graz ausgewertet. Dabei wurde nach dem Vorkommen von Anastomosen im Bereich der Mediansagittalen der Mundbodenregion gesucht. Die Präparate waren mit der Methode nach Thiel konserviert worden. Zur röntgenologischen Identifikation der Gefäße wurden diese mit einer radioopaken Masse nach Thiel injiziert.

Ergebnisse:

Es ließ sich röntgenologisch das Auftreten von kaliberschwachen Anastomosen (<1mm) der Arterien des Mundbodens in 53,33% nachweisen, sie lagen im Bereich des Corpus linguae in 27,67%, der Radix linguae in 40% sowie der Regio sublingualis in 33,33%. Kaliberstarke Anastomosen (>1mm) konnten nicht gefunden werden.

Der auftretende Gefäßdurchmesser lag nahe an der Grenze der radiologischen Darstellbarkeit.

Schlussfolgerung:

Auffällig war sowohl in den vorliegenden radiologischen Untersuchungen als auch in der Literatur die hohe Variabilität der vaskulären Versorgung des Mundbodens. Das regelmäßige Auftreten von Anastomosen über die Mediansagittale konnte nicht nachgewiesen werden.

Allerdings gibt es Anhaltspunkte dafür, dass ein Kollateralkreislauf über die Mediansagittale zustandekommen kann.

Abstract

Aim:

The aim of this study was to present the region of the oral floor with its different patterns of arterial supply. In particular we checked for anastomosis across the midline plane.

Material and methods:

The first part of the study is represented by a review of literature about the vascular supply of the floor of the mouth.

In the second part of the study 15 human cadavers were evaluated, preserved by Thiel's method. For the radiographic identification arteries were injected with Thiel's radioopaque rubber.

Results:

The radiographic appearance of low caliber anastomoses ($<1\text{mm}$) in the midline plane could be found in 53,33%, they were located in the corpus linguae 26,67%, in the radix linguae 40%, and in the sublingual region 33,33%. Strong anastomoses ($>1\text{mm}$) between the right and the left side of the floor of the mouth over the midline plane could not be detected.

The occurring vessel diameter was very close to the limit of radiological representability.

Conclusion:

Both in the radiological examinations and in the literature, the high variability of the vascular supply to the floor of the mouth was noticeable. The regular occurrence of anastomoses over the median sagittal plane could not be proved.

However, there is evidence that a collateral circulation can exist.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract.....	iv
Inhaltsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	vii
1 Einleitung: Anatomische Grundlagen.....	1
1.1 Die Mandibula	1
1.2 Mundhöhle und Mundboden	3
1.2.1 Diaphragma oris.....	4
1.2.2 Regio sublingualis.....	5
1.2.3 Lingua.....	7
1.2.4 Trigonum submandibulare.....	10
1.3 Leitungsbahnen und Gefäßversorgung im Bereich des Mundbodens	12
1.3.1 Gefäßversorgung während der Entwicklung	13
1.3.2 Arteria carotis externa	14
1.3.3 Arteria facialis.....	15
1.3.4 Arteria submentalis	16
1.3.5 Arteria lingualis.....	18
1.3.6 Arteria sublingualis	22
1.3.7 Arteria alveolaris inferior	27
1.4 Blutungen im Bereich des Mundbodens	28
1.5 Innervation des Mundbodens.....	30
1.5.1 Nervus lingualis des N. trigeminus (N. V).....	30
1.5.2 N. hypoglossus.....	32
2 Fragestellung.....	34
3 Material und Methoden.....	34
3.1 Wahl der Präparate.....	35
3.2 Vorbereitung der Präparate.....	35
3.3 Röntgenologische Untersuchung	36
4 Ergebnisse	37
4.1 Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung.....	37
5 Diskussion	40
6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	44
7 Literaturverzeichnis	47
8 Anhang	50
8.1 Bilder der untersuchten Präparate	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mandibula von lateral aus (1) (Waldeyer, 2012, p.727)	2
Abbildung 2: Mandibula von kaudal aus (1) (Waldeyer, 2012, p.727)	2
Abbildung 3: Muskeln der Regio submentalis aus (4) (Lanz, 2004, p.100).....	4
Abbildung 4: Muskeln der Regio sublingualis aus (4) (Lanz, 2004, p.109).....	6
Abbildung 5: Motorische und sensible Innervation der Zunge aus (1) (Waldeyer, 2012, p.797)	10
Abbildung 6: Schematische Darstellung der Kreuzung der Hauptversorgungsbahnen im Trigonum submandibulare aus (4) (Lanz, 2004, p.82)	13
Abbildung 7: Truncusbildung im Trigonum caroticum aus (4) (Lanz, 2004, p.152)	14
Abbildung 8: Darstellung der A. facialis im Mundboden aus (4) (Lanz, 2004, p.84)	17
Abbildung 9: Segmenteinteilung der A. lingualis aus(15) (Lopez et al, 2007)	19
Abbildung 10: Systemische Übersicht der A. lingualis mit ipsi- und kontralateralen Verbindungen aus (4) (Lanz, 2004, p.94).....	19
Abbildung 11: Anatomischer Querschnitt im Bereich des Mundbodens und der Regio sublingualis aus (4) (Lanz, 2004, p.107)	21
Abbildung 12: Klassifikation der arteriellen Verlaufsformen in der Regio submentalis und Regio sublingualis nach (10) (Nakajima et al., 2014)	25
Abbildung 13: Lagebeziehung des N. hypoglossus und der A. lingualis zu kleineren Dreiecken der vorderen Halsregion. aus (31)(Homze et al., 1997).....	29
Abbildung 14: Arterien und Nerven der Zunge nach Entfernung der lateralen Mandibula aus (3) (Hafferl, 1969, p. 178).....	31
Abbildung 15: Nerven im Spatium parapharyngeum aus (3) (Hafferl, 1969, p. 198)	33
Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Anastomosen (<1mm) in unterschiedlichen Regionen	38
Abbildung 17: Präparat 1 der röntgenologischen Untersuchung	50
Abbildung 18: Präparat 1 in der makroskopischen Ansicht von caudal.....	50
Abbildung 19: Präparat 2 der röntgenologischen Untersuchung	51
Abbildung 20: Präparat 3 der röntgenologischen Untersuchung	51
Abbildung 21: Präparat 4 der röntgenologischen Untersuchung	52
Abbildung 22: Präparat 5 der röntgenologischen Untersuchung	52
Abbildung 23: Präparat 6 der röntgenologischen Untersuchung	53
Abbildung 24: Präparat 6 in der makroskopischen Ansicht von cranial	53
Abbildung 25: Präparat 7 der röntgenologischen Untersuchung	54
Abbildung 26: Präparat 8 der röntgenologischen Untersuchung	54
Abbildung 27: Präparat 9 der röntgenologischen Untersuchung	55
Abbildung 28: Präparat 10 der röntgenologischen Untersuchung	55
Abbildung 29: Präparat 11 der röntgenologischen Untersuchung	56
Abbildung 30: Präparat 12 der röntgenologischen Untersuchung	56
Abbildung 31: Präparat 13 der röntgenologischen Untersuchung	57
Abbildung 32: Präparat 14 der röntgenologischen Untersuchung	57
Abbildung 33: Präparat 15 der röntgenologischen Untersuchung	58
Abbildung 34: Präparat 16 der röntgenologischen Untersuchung	58
Abbildung 35: Präparat 17 der röntgenologischen Untersuchung	59
Abbildung 36: Präparat 18 der röntgenologischen Untersuchung	59
Abbildung 37: Präparat 19 der röntgenologischen Untersuchung	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung der arteriellen Verlaufsformen in der Regio submentalis und Regio sublingualis Werte übernommen aus (10) (Nakajima et al., 2014)	26
Tabelle 2: Darstellung der Ergebnisse der radiologischen Untersuchung der nicht in der Mediansagittalen gespaltenen Präparate	38
Tabelle 3: Darstellung der Ergebnisse der radiologischen Untersuchung der bereits in der Mediansagittalen gespaltenen Präparate	38

1 Einleitung: Anatomische Grundlagen

1.1 Die Mandibula

Die Mandibula setzt sich entwicklungsgeschichtlich aus zwei Hälften zusammen. Sie besteht zum einen aus dem basalen Körper, dem Corpus mandibulae, zum anderen aus den aufsteigenden Ästen, der Rami mandibulae. Das Corpus geht im Bereich des Angulus mandibulae in den Ramus über, je nach Entwicklung der Kaumuskulatur beträgt der Angulus mandibulae zwischen 140° und 90°.

Der Ramus mandibulae bildet kranial seine Gelenksfortsätze aus, den Processus condylaris und einen Muskelansatz, den Processus coronoideus, welcher wiederum in Caput und Collum unterteilt werden kann.

Das Corpus mandibulae bildet einen sich nach kranial verjüngenden parabelförmigen Bogen. Auf der bukkalen Seite des Corpus läuft der Processus coronoideus im Bereich des ersten und zweiten Backenzahnes als Linea obliqua aus. Weiter anterior liegt das Foramen mentale. Auf der Innenseite des Corpus Mandibulae findet sich eine gut tastbare Leiste, die Linea mylohyoidea. Sie stellt den Ansatz für den gleichnamigen Muskel dar, dem M. mylohyoideus. Etwas weiter distal auf der Höhe der Kauflächen der Mahlzähne ist das Foramen mandibulae direkt positioniert hinter einem Knochensporn der Lingula mandibulae.

Auf der inneren Fläche des Corpus mandibulae befinden sich noch einige paarige Vertiefungen. In der Fovea sublingualis und der Fovea submandibularis kommen die gleichnamigen Speicheldrüsen zu liegen. Die Fossa digastrica stellt den Ansatzpunkt des M. Digastricus dar.(1)

Aus entwicklungsgeschichtlicher Sicht betrachtet bilden die Kiemenbögen die Grundlage der Entwicklung des Hals-Kopf-Bereiches. Insgesamt gibt es sechs Schlundbögen, wobei der fünfte und sechste meist nur rudimentär ausgebildet sind. Vereinfachend kann gesagt werden, dass sich in jedem Schlundbogen ein Hirnnerv entwickelt, welchem nach Abschluss der Entwicklung die motorische Innervation der Muskeln und die sensible Versorgung des entstandenen Areals zugeordnet werden kann. Sämtliche Areale, die aus einem Schlundbogens entstanden sind, liegen zudem topographisch ungefähr auf einer Höhe.

Die Mandibula wird aus dem ersten Schlundbogen gebildet. Ihm ist als Hirnnerv der N. Trigeminus mit dem N. mandibularis zugeordnet, er ist vor allem für die Innervation der Kaumuskulatur verantwortlich.

Die Entstehung der ersten Ossifikationsinseln der Mandibula erfolgt bereits in der sechsten Woche der Embryonalentwicklung und gehört somit gemeinsam mit der Clavicula zu den frühesten im menschlichen Körper gebildeten Knochen.(2)

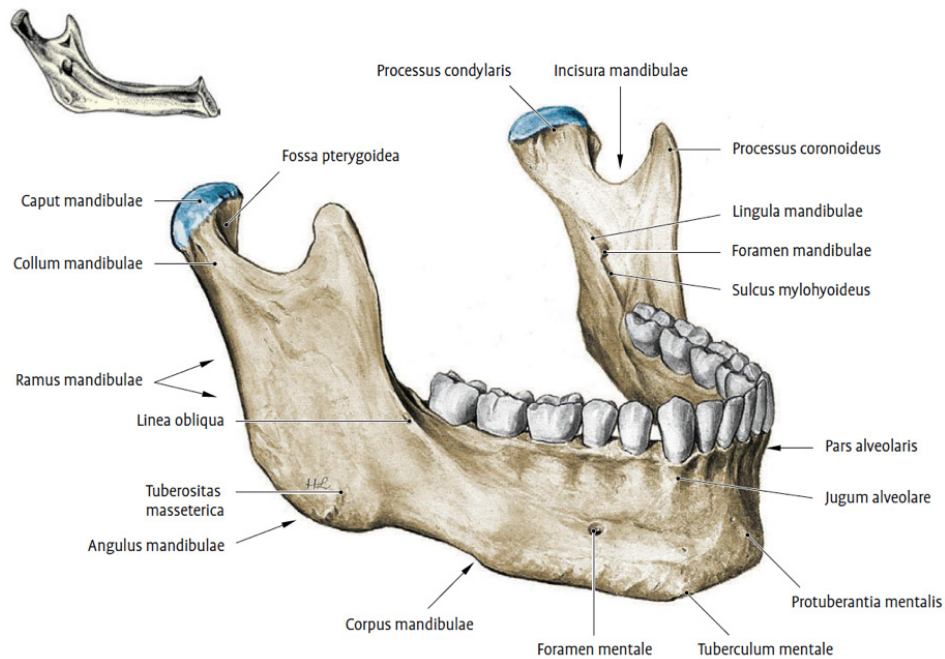


Abbildung 1: Mandibula von lateral aus (1) (Waldeyer, 2012, p.727)

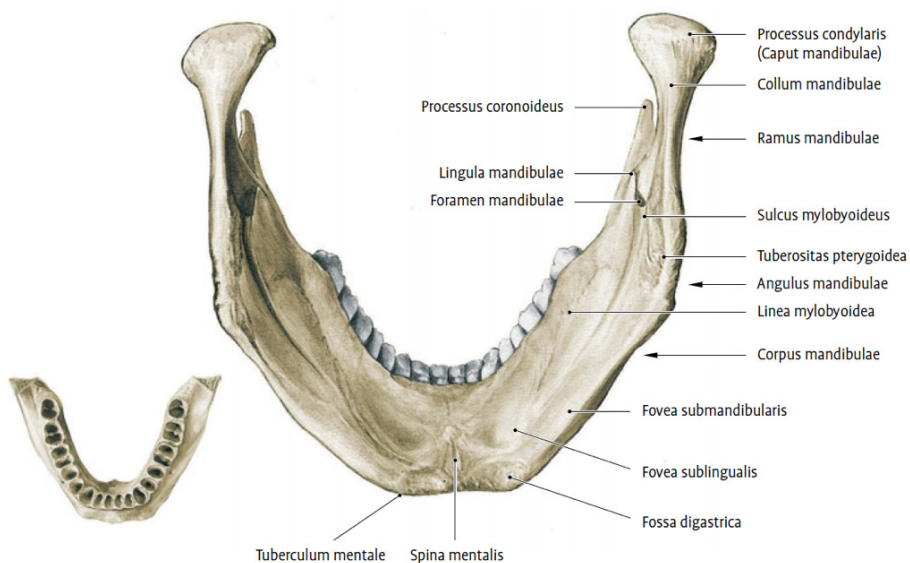


Abbildung 2: Mandibula von kaudal aus (1) (Waldeyer, 2012, p.727)

1.2 Mundhöhle und Mundboden

Die Mundhöhle ist nach unten hin durch das Diaphragma oris, den Mundboden, begrenzt. Nach oben hin schließen der harte und der weiche Gaumen, Palatum durum und Palatum molle, die Mundhöhle ab. Der vordere Anteil wird durch die Lippen und der hintere durch den Isthmus faucium gebildet. Die seitliche Begrenzung stellen die Lippen und Wangen dar.

Im geschlossenen Zustand verengt sich der Hohlraum zu zwei aufeinanderliegenden engen Spalten, so dass die Zunge direkt dem Gaumen anliegt.

Da der Mundboden im Gegensatz zum Dach der Mundhöhle nur von Weichteilen begrenzt wird, ist er in Bezug auf seine Lage verschieblich.

Die Zunge selbst kann nicht als Boden der Mundhöhle angesehen werden, sie ist vielmehr nur ein sich auf dem Mundboden befindender Muskelkörper. Der eigentliche Mundboden wird durch die fächerartige Ausspannung des M. mylohyoideus in Form des Diaphragma oris gebildet. Es stellt die topographische und auch die klinische Abgrenzung zwischen den Weichteilen des Mundes und denen des Halses dar. Diese Abtrennung ist allerdings nicht vollständig. Nach dorsal hin reicht sie nicht ganz bis an das hintere Ende der Mandibula heran, so dass im hinteren Bereich eine ganzheitliche Abgrenzung gegen den Hals fehlt.

Die Beschreibung der Anatomie des Mundbodens wird daher im folgenden in die Beschreibung von Diaphragma oris, der Regio sublingualis und der Lingula gegliedert. (3)

1.2.1 Diaphragma oris

Das Diaphragma oris, umgangssprachlich auch als Mundboden bezeichnet, wird größtenteils von dem M. mylohyoideus, einem unpaarigen Muskel, gebildet. Seine Fasern ziehen vom Körper des Zungenbeines zur Linea mylohyoidea, die hintersten Muskelfasern strahlen im Bereich des 3. Molaren in die Mandibula ein. Die beiden Muskelhälften bilden mittig eine Raphe.

Im vorderen Bereich wird durch diese Muskelplatte die Regio sublingualis gegen die Weichteile des Halses abgegrenzt. Im hinteren Bereich fehlt die muskuläre Abgrenzung durch eine einheitliche Platte. Eine Abgrenzung kann hier nur durch einzelne Muskeln der suprahyoidalen Muskulatur und lockeres Bindegewebe erreicht werden.

Klinisch ist dieser Aspekt von besonderer Bedeutung, da sich eine im Bereich des 3. Molaren unter der Mundschleimhaut beginnende Infektion rasch durch das lockere Bindegewebe ausbreiten kann. Die Infektion gelangt so leicht um den hinteren Rand des M. mylohyoideus herum und kann sich in den Weichteilen des Halses fortsetzen. In der Folge treten akute Beschwerden wie z.B. Schluckbeschwerden auf oder bei einer weiteren Ausbreitung entlang der Faszien des Halses kommt es zu einer Mediastinitis.

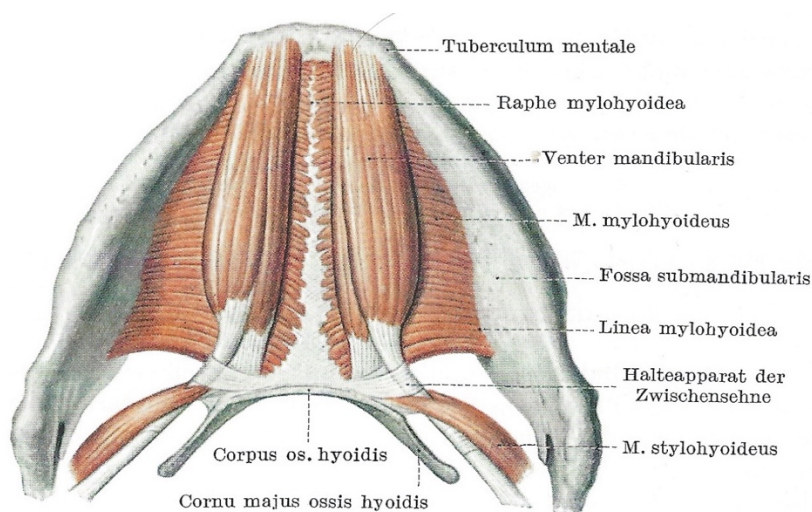


Abbildung 3: Muskeln der Regio submentalis aus (4) (Lanz, 2004, p.100)

Die Innervation des M. mylohyoideus erfolgt durch den N. mylohyoideus, einem Endast des N. mandibularis (V/3).

Bei einer Ruhehaltung des Kopfes steht das Zungenbein etwas tiefer als die Mandibula, die Muskelfasern müssen so leicht aufsteigen um zur Mandibula zu gelangen. Bei einer Dorsalextension des Kopfes wird dieser Effekt durch eine Senkung des Zungenbeines verstärkt und entlang der Raphe wird die Bildung der Rinne verstärkt. Durch die

Kontraktion des M. mylohyoideus wird das Zungenbein nach vorne und oben bewegt. Bei einer Fixation des Zungenbeins wird der Unterkiefer nach unten bewegt, was zu einer Mundöffnung führt.

Vor allem für den Schluckakt ist ein Anheben des Zungenbeines und Kehlkopfes von enormer Bedeutung, dies kann durch die suprahyoidale Muskulatur bei einem gleichzeitig durch die Kaumuskulatur fixiertem Unterkiefer realisiert werden. (3, 5)

1.2.2 Regio sublingualis

Die Regio sublingualis wird erst nach Anheben der Zunge sichtbar. Sie erstreckt sich bogenförmig vom Rand des Unterkiefers bis zu der Unterfläche der Zunge, wobei sie sich nach hinten verschmälert. Ihre untere Begrenzung erfolgt durch den zur Mandibula angespannten M. mylohyoideus.

In der Schleimhaut des Mundbodens zeigt sich im Bereich der Mediansagittalen das Frenulum linguae, welches zur Zunge zieht. Neben dem Frenulum wirft sich hier eine Schleimhautfalte, die Plica sublingualis, auf. An ihrem vorderen Ende befindet sich beidseits die Caruncula sublingualis.

Im Bereich der Caruncula sublingualis münden die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen. Es kann sowohl eine getrennte als auch eine gemeinsame Mündung des Ductus sublingualis und des Ductus submandibularis vorkommen.(3)

Die Regio sublingualis beinhaltet vor allem im medialen Abschnitt Muskeln, welche vom Unterkiefer Richtung Zunge und Zungenbein ziehen.

Auf das Diaphragma oris lagert sich der M. geniohyoideus auf, er entspringt an der Spina mentalis und zieht zum Körper des Zungenbeines.

Der M. genioglossus findet seinen Ursprung ebenfalls an der Spina mentalis, liegt aber etwas weiter kranial und strahlt in Form eines Fächers in die Zunge ein.

Seitlich der Muskeln sowie im distalen Abschnitt der Regio sublingualis befinden sich die Glandula sublingualis, ein Anteil der Glandula submandibularis sowie Gefäße und Nerven, die zur Zunge ziehen. (4)

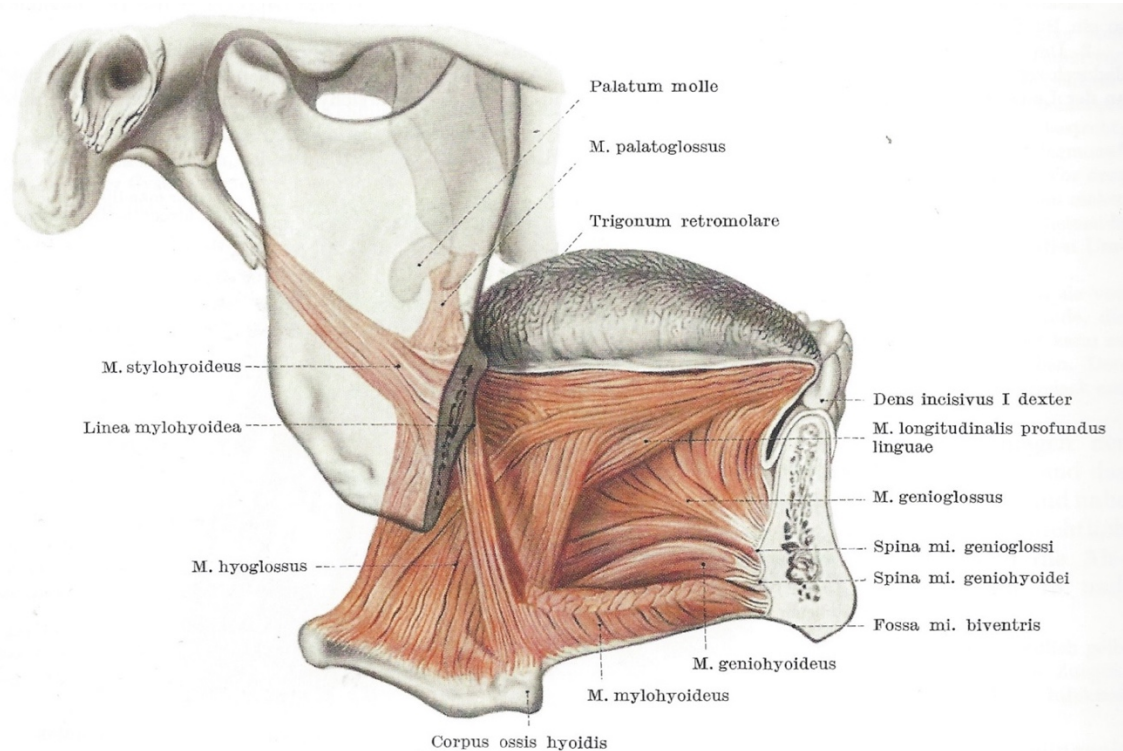


Abbildung 4: Muskeln der Regio sublingualis aus (4) (Lanz, 2004, p.109)

1.2.2.1 Glandula sublingualis

Die Glandula sublingualis befindet sich in der Fovea sublingualis, einer Vertiefung auf der Innenseite des Unterkiefers. Nach kaudal wird sie durch den M. mylohyoideus, nach medial durch dem M. geniohyoideus und den M. genioglossus abgegrenzt.

Umgeben wird die Drüse von lockerem Bindegewebe, in ihrer unmittelbaren Umgebung verdickt es sich zu einer dünnen Drüsenkapsel.

Ihr Sekret gibt die Gl. sublingualis sowohl über einen großen Ausführungsgang den Ductus sublingualis major, als auch über kleine Ausführungsgänge die Ductus sublingualis minores in die Plica sublingualis ab. Der Ductus sublingualis major mündet entweder gemeinsam oder getrennt vom Ductus submandibularis an der Caruncula sublingualis.(3)

1.2.3 Lingua

Aus entwicklungsgeschichtlicher Sicht lässt sich die Zunge in zwei Anteile unterteilen. In dem Bereich der vorderen zwei Drittel verschmelzen die zwei lateralen Zungenwülste mit einem medialen Höcker, dem Tuberculum impar und einem Hypobranchialhöcker. Das Gewebe für diese Wülste entstammt hierbei dem Mesoderm des ersten bis vierten Schlundbogens.

Die Grenze zum hinteren Drittel der Zunge bildet der Sulcus terminalis.

Der hintere Teil der Zunge sowie die Zungenmuskulatur wird aus Anteilen des Mesoderms des zweiten, dritten und vierten Schlundbogens gebildet. (2)

Auch topographisch anatomisch lässt sich die Zunge in zwei Abschnitte unterteilen:

Der vordere Abschnitt der Zunge, das Corpus linguae, wird der Mundhöhle zugeordnet, er beherbergt vor allem das Geschmacksorgan.

Der hintere Teil der Zunge, die Radix linguae, zieht in Richtung Pharynxwand und wird dem lymphatischen System zugeordnet.

Das Dorsum linguae liegt bei einem geschlossenen Mund mit seiner Oberseite an dem Gaumen und mit den Seitenflächen an den Zahnreihen an und endet nach vorne im Apex linguae. Auf dem Zungenrücken befindet sich eine spezielle Schleimhaut, sie ist unterschiedlich an der Aponeurosis linguae befestigt. In diesem Bereich bildet die Schleimhaut zahlreiche Bindegewebspapillen aus. Die Papillae filiformes bedecken den gesamten Rücken der Zunge, durch ihre freien Nervenenden und die Meissner-Tastkörperchen sind sie in der Lage Tastempfindungen mit einem Vergrößerungsfaktor von 1,6 zu übertragen.

Die Geschmacksempfindung wird vor allem im Bereich der Spitze und des Randes der Zunge durch die Papillae fungiformes abgebildet, zusätzlich tragen sie noch Mechano- und Thermorezeptoren.

Die Papillae foliatae befinden sich nahe dem Arcus palatoglossus am seitlichen sowie dem hintern Rand der Zunge, sie sind ebenfalls für die Geschmacksempfindung von besonderer Bedeutung.

Am vorderen Rand des V-förmigen Sulcus terminalis sind in der Regel acht bis zehn Papillae vallatae angeordnet.

Die Verteilung der unterschiedlichen Geschmacksrichtungen erfolgt nach dem Schema der Abbildung 5.

An der Spitze des Sulcus terminalis liegt das Foramen caecum, ein Überbleibsel des Ductus thyreoglossus aus der Embryonalentwicklung.

Die Unterseite der Zunge wird von glatter Schleimhaut ohne Papillen bedeckt, sie haftet mittels lockerer Submucosa an ihrer Unterlage an.

Besonders bei angehobener Zunge imponiert das Frenulum linguae, welches die Zunge mit der Innenseite der Mandibula verbindet. Etwas lateral der Medianlinie liegen beidseits an der Zungenunterseite die Glandulae linguales anteriores, auch besser bekannt als „Nuhnsche Drüsen“.

Die Radix linguae fällt im Gegensatz zum Dorsum linguae steil nach hinten gegen die Pharynxwand ab.

Das lymphatische Gewebe wird durch niedrige Erhebungen an der Schleimhautoberfläche, die Folliculi linguales, repräsentiert. In ihrer Gesamtheit bilden sie die Tonsilla lingualis, welche ein Teil des lymphatischen Rachenrings, dem Anulus lymphoideus pharyngis, ist. Das lymphatische Gewebe ist in der Kindheit ausgeprägter entwickelt. Beim Erwachsenen kommt es zu einer deutlichen Rückbildung. Im hohen Alter bildet sich meist ein Streifen neben der Medianlinie, welcher frei von lymphatischem Gewebe ist. (1, 3)

Die Muskulatur der Zunge kann aufgrund ihres Ursprunges in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die äußeren Zungenmuskeln entspringen am Skelett, die inneren entspringen in der Zunge selbst.

Äußere Muskeln der Zunge:

Der Musculus genioglossus findet seinen Ursprung an der Spina mentalis der Mandibula und strahlt fächerartig in die Zunge ein. Seine Kontraktion verursacht eine Senkung des Zungenrückens und einen Zug des Zungengrundes nach vorne, beides ist für ein Herausstrecken der Zunge essentiell.

Der M. styloglossus entspringt am Processus styloideus und zieht mit seinen Fasern nach vorne unten, wo er sich mit dem M. hypoglossus verflechtet. Er strahlt von hinten und unten in die Zunge ein, wodurch seine Kontraktion den Zungenkörper nach hinten zieht.

Der M. hypoglossus hat seinen Ursprung am Zungenbeinkörper sowie am großen Zungenbeinhorn, dabei strahlt er in Form einer sagittal gestellten Platte von hinten und unten in den Zungenkörper ein. Er ist für eine Abflachung des hinteren Teils der Zunge sowie ihr Zurückziehen verantwortlich.(1, 3)

Innere Muskeln der Zunge:

Der M. longitudinalis superior verläuft mit seinen Fasern unterhalb der Zungenaponeurose von der Zungenspitze bis zur Zungenwurzel.

Im Gegensatz dazu zieht der M. longitudinalis inferior an der Unterfläche der Zunge entlang. Durch die Kontraktion des M. longitudinalis superior wird der Zungenrücken konkav gewölbt, der M. longitudinalis inferior bewirkt entgegengesetzt eine konvexe Wölbung.

Der M. transversus linguae erstreckt sich vom Zungenrand bis zum Zungenseptum, einige Fasern durchstoßen das Septum und ziehen weiter zum Zungenrand der Gegenseite. Durch die transversale Ausrichtung der Fasern ist er für eine Annäherung der Zungenränder aneinander, sowie eine Streckung der Zunge verantwortlich.

Die Fasern des M. vertikalialis linguae steigen fast senkrecht von der Zungenunterseite bis hin zur Zungenaponeurose auf. Durch eine Verkürzung einzelner Muskelanteile kann im Zungenrücken eine Rinne gebildet werden, bei einer Kontraktion des gesamten Muskels kommt es zu Abflachung der Zunge. (1, 3)

Die arterielle Versorgung der äußeren und inneren Zungenmuskeln findet durch die A. lingualis statt. (1, 3)

Die Innervation der Zunge wird durch drei unterschiedliche Faserqualitäten gewährleistet. Für die motorische Innervation sorgt der N. hypoglossus.

Eine sensible Versorgung der vorderen zwei Drittel der Zungenschleimhaut erfolgt durch den N. lingualis und im hinteren Drittel durch den N. glossopharyngeus sowie im Übergang zur Epiglottis durch den N. vagus.

Die sensorische Versorgung der Zunge übernehmen die Chorda tympani des N. facialis sowie der N. glossopharyngeus.

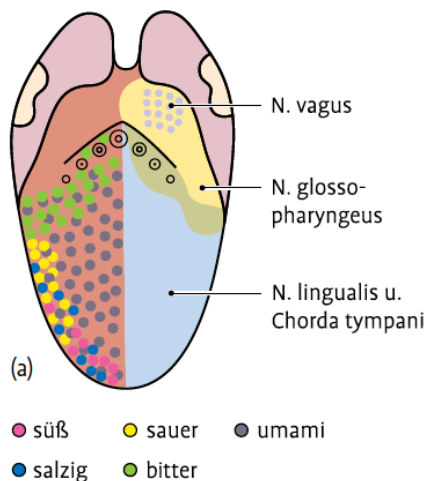


Abbildung 5: Motorische und sensible Innervation der Zunge aus (1) (Waldeyer, 2012, p.797)

Die Zunge kann so ihre vier wesentlichen Funktionen erfüllen:

Bei der Zerkleinerung der Nahrungsbestandteile ist die Zunge beteiligt, indem sie die Nahrungsbestandteile immer wieder zwischen die Zahnreihen bewegt.

Ein Teil der Geschmacksfunktion wird von der Zunge übernommen, durch die auf ihrer Schleimhaut befindlichen Geschmacksknospen können chemische Nahrungsbestandteile analysiert werden.

Die Tastfunktion der Zunge wird durch sensibel innervierte Endkörperchen auf der Zungenschleimhaut gewährleistet.

Bei der Lautbildung spielen Zungenmuskeln und die exakte Verformbarkeit der Zunge eine wichtige Rolle.(1, 3)

1.2.4 Trigonum submandibulare

Das Trigonum submandibulare gehört zu Regio cervicalis anterior. Es geht in seiner oberen lateralen Ecke ohne scharfe Grenze in die Regio parotideomasseterica über.

Seine obere Begrenzung wird durch den Unterrand der Mandibula gebildet.

Die untere Grenze des Trigonums wird durch die beiden Bäuche, den Venter anterior und posterior des M. digastricus markiert, sie sind in ihrem Zwischenbereich durch eine starke Sehne miteinander verbunden.

Der hintere Bauch entspringt an der Incisura mastoidea des Os temporale. Er zieht von hier gedeckt vom M. sternocleidomastoideus weiter nach anterior und caudal und bildet so die Abgrenzung zum weiter distal liegenden Trigonum caroticum.

Im Zwischenbereich wird die Sehne des M. digastricus von einer Bindegeweibsschlinge umschlungen, welche am Cornu minus des Zungenbeines fixiert ist.

Der Venter anterior zieht weiter nach vorne und oben, um in der Fossa digastrica der Mandibula zu inserieren.

Von der benachbarten Regio sublingualis wird sie im anterioren Bereich durch den M. mylohyoideus getrennt. An seinem hinteren Rande findet sich hier der M. styloideus, er zieht vom Processus styloideus nach anterior, um am Cornu major des Zungenbeines zu inserieren. Der M. hypoglossus kommt medial vom M. digastricus und dem M. styloideus zu liegen. Weiter nach distal hin ist das Dreieck nicht verschlossen und hat eine Verbindung zur Fossa retromandibularis.

Durch den am Processus styloideus entspringenden M. stylopharyngeus wird das Grenzgebiet zum Trigonum caroticum markiert. (3)

1.2.4.1 Glandula submandibularis

Die Glandula submandibularis liegt relativ zentral in einer von der Muskulatur gebildeten Grube im Trigonum submandibulare. Sie gehört zusammen mit der Glandula parotidea und der Glandula sublingualis zu den großen Kopfspeicheldrüsen.

Oberflächlich ist das gesamte Trigonum durch die Lamina superficialis der Fascia colli bedeckt.

Im hinteren Bereich überschreitet die Drüse das Trigonum submandibulare und reicht bis zum großen Zungenbeinhorn, wo sie den Venter anterior des M. digastricus überlagert.

Nach hinten hin reicht sie bis an das Fascienblatt des Tractus angularis der Fascia colli superficialis, welches sie vom Lobus colli der Glandula parotis trennt.

Ein Großteil der Glandula submandibularis liegt in der submandibulären Nische, sie wird zwischen der Linea mylohyoidea und dem Unterrand des Unterkiefers gebildet.

Ein kleiner Teil schlingt sich mit ihrem Ausführungsgang dem Ductus submandibularis von der Regio Submandibularis durch einen kleinen Spalt hakenförmig um den hinteren Rand des M. mylohyoideus und dem M. hypoglossus in die Regio sublingualis. Dort legt er sich von hinten an die Gl. sublingualis an und zieht dann gemeinsam mit der A.,V. sowie dem N. lingualis nach vorne an der medialen Seite der Gl. sublingualis entlang.

Manchmal vereinigt er sich mit dem Ductus sublingualis major oder mündet getrennt in die Caruncula sublingualis.(3)

1.3 Leitungsbahnen und Gefäßversorgung im Bereich des Mundbodens

Die Versorgung des Mundbodens gründet auf den Verbindungsstraßen im submandibulären Raum, welche wichtige Zugangswege für Gefäße und Nerven darstellen. Zugangswege werden hierfür vom Raum des Unterkiefers, zur oberflächlichen, zur tiefen seitlichen Halsgegend und zum Trigonum caroticum gebildet.

Zwischen dem Pharynx und dem Unterkiefer zieht der N. lingualis mit seinen Begleitgefäßen in einem mit lockerem Bindegewebe ausgekleideten Raum entlang, um in die Regio submandibularis zu gelangen. Von hier aus ist das sublinguale Stockwerk durch eine breite spaltförmige Öffnung zwischen dem Hinterrand des M. mylohyoideus und den M. hyoglossus erreichbar.

Vom Trigonum caroticum aus treten zwischen den dorsalen Grenzmuskeln am hinteren Rand des Trigonum submandibulare mit dem N. hypoglossus, der A. lingualis und der A. facialis weitere wichtige Strukturen ein.

Ein Durchtritt zur oberflächlichen seitlichen Gesichtsgegend für die A. und V. facialis wird durch eine kleine Lücke zwischen Unterkiefer und dem Platysma ermöglicht.

Durch diese sehr hohe Anzahl an unterschiedlichen Verbindungswegen, welche durch die Skelett- und Muskelanordnung gegeben sind, kann es in der Regio submandibularis nicht zur Bildung eines einheitlichen Gefäß-Nerven-Stranges kommen.

Lanz beschreibt die Kreuzung der Versorgungsbahnen nach dem Kopfprinzip.

Gefäße steigen im Bereich des Gesichtsschädels von ihrer zentralen Aufteilungszone, dem Trigonum caroticum, in der Regel ventral und cranialwärts auf, um zu den ihnen zugeordneten Versorgungsarealen zu gelangen.

Nerven hingegen verlaufen nach ihrem Austreten an der Schädelbasis in kaudaler und ventraler Richtung zu ihren Versorgungsgebieten.

Aus dieser unterschiedlichen Verlaufsrichtung resultiert eine meist rechtwinklige Überkreuzung der Leitungsbahnen im Hals-Kopf-Bereich.

Dieses Prinzip gilt auch insbesondere für die Mundbodenregion.(4)

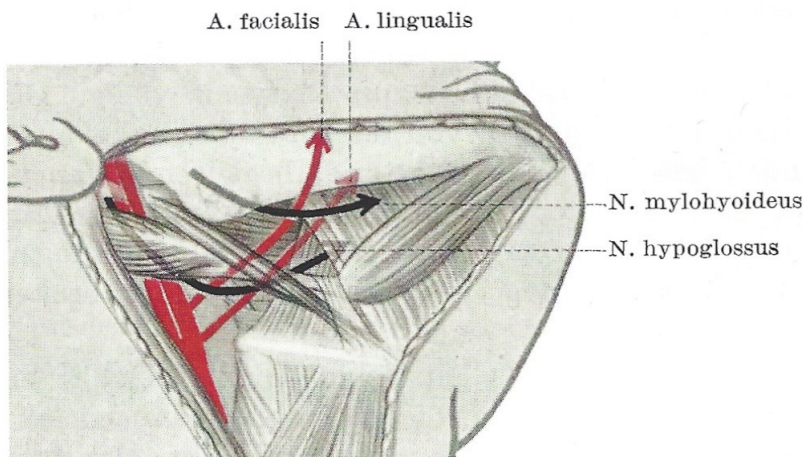


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Kreuzung der Hauptversorgungsbahnen im Trigonum submandibulare aus (4) (Lanz, 2004, p.82)

Im Folgenden soll auf die Entwicklung der Gefäßversorgung, den Ursprung, den Verlauf, die Bildung von Seitenästen und die Versorgungsgebiete der A. facialis und der A. lingualis im Bereich des Mundbodens eingegangen werden.

Besonderer Wert wird auf Anastomosen der Gefäße untereinander, sowie Verbindungen zum kontralateralen Stromgebiet gelegt.

1.3.1 Gefäßversorgung während der Entwicklung

Die Bildung von Arterien und Venen beginnt bereits in der frühen Embryonalentwicklung. Die Versorgung im Bereich des Processus coronoideus und des Ramus mandibulae erfolgt gegen Ende der Entwicklung durch einen arteriellen Plexus. An ihm beteiligen sich die Aa. masseterica, transversa faciei, facialis und die carotis externa.

Ein weiterer Gefäßplexus versorgt die Region im Bereich um das Foramen mentale. Er wird aus dem Zustrom der A. mentalis, dem Ramus submental, sowie dem Ramus labialis inferior der A. facialis gespeist. Die Versorgung der restlichen Abschnitte des Corpus mandibulae erfolgt durch die A. alveolaris inferior. Die am Unterrand der Mandibula liegenden Abschnitte des Periostes werden zusätzlich von Muskelgefäßen aus den an der Mandibula ansetzenden Muskeln versorgt.(6)

1.3.2 Arteria carotis externa

Die A. carotis communis teilt sich im Bereich der Carotisgabel in die A. carotis interna und die A. carotis externa auf. Von ihr gehen im Bereich des Trigonum caroticum für gewöhnlich sechs Äste ab. In lateraler Richtung zweigt die A. sternocleidomastoidea, in dorsaler Richtung die A. occipitalis und nach medial die A. pharyngea ascendens ab. Die drei im Regelfall etwas größeren nach medial entlassenen Arterien sind die A. thyroidea superior, die A. lingualis und die A. facialis.

Entsprechend der Schwankungsbreite der Teilungshöhe der A. carotis communis liegen ihre Abgänge unterschiedlich dicht zusammen. So neigen vor allem die medialen Abgänge zur Bildung eines ca. 0,5-1,5cm langen gemeinsamen Stammes.

Lanz beschreibt hier die häufige Entstehung des gemeinsamen Stammes der A. lingualis und der A. facialis als Truncus linguofacialis in ca. 18,7% der Fälle.

In der Literatur (7) schwanken die Angaben zwischen 7,5% und 31%.

Eine Vereinigung von A. thyroidea superior und A. lingualis als Truncus thyreolinguialis tritt nach Lanz selten in ca. 2% auf, in der Literatur (7) tritt er mit 2,5%-3,5% minimal häufiger auf.

Eine Vereinigung aller drei medialen Arterien als Truncus thyreolinguofacialis wird laut Lanz mit einer Häufigkeit von 0,3% beobachtet, in der Literatur (7) tritt er mit einer Wahrscheinlichkeit von 0%-3% ähnlich selten auf.(4)

In Einzelfällen wurde eine Truncus thyreolinguofacialis auch direkt auf Höhe der Bifurkation der Carotis gefunden.(8)

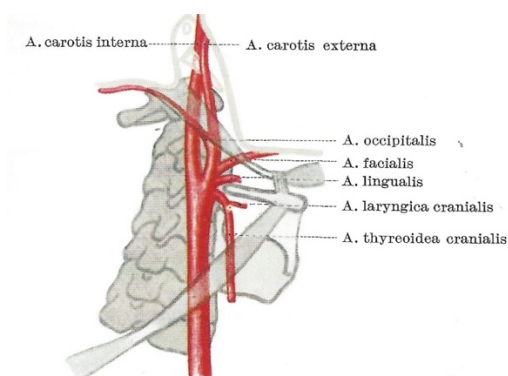


Abbildung 7: Truncusbildung im Trigonum caroticum aus (4) (Lanz, 2004, p.152)

1.3.3 Arteria facialis

Die A. facialis ist der 3. Ast der A. carotis externa, manchmal bildet sie gemeinsam mit der A. lingualis einen kurzen gemeinsamen Stamm, den Truncus linguofacialis.

Sie zieht innerhalb des Trigonum caroticum nach kranial und medial, um dieses am medialen hinteren Rand des M. digastricus und dem M. styloideus nach Abgabe der kleinen A. palatina ascendens zu verlassen. Die A. palatina ascendens kann jedoch auch aus der A. carotis externa selbst entspringen. In ihrem weiteren Verlauf zieht sie dann zwischen dem M. stylopharyngeus und dem M. styloglossus aufwärts, um den hinteren Bereich des Gaumens zu versorgen, auf ihrem Weg gibt sie ihren kleinen R. tonsillares zur Versorgung der Gaumenmandeln ab. (3)

Nach Lang u. Preis entspringt die A. palatina ascendens in 62% aus der A. facialis, zu 26% eigenständig aus der A. carotis und zu 12% aus einem gemeinsam gebildeten Truncus. (9)

Nachdem die A. facialis weiter am medialen Rand der Glandula submandibularis entlanggezogen ist, gibt sie die A. submentalis ab, welche parallel zum Unterkiefer in der submandibulären Nische weiter nach anterior zieht.

Im Normalfall zieht die A. facialis in einem Bogen um die Glandula submandibularis und versorgt diese über die Rr. glandulares. Sie wendet sich schließlich cranialwärts über eine Kerbe, die Incisura vasorum facialium um die Mandibula und versorgt den Gesichtsbereich. Hier liegt sie so oberflächlich, dass ihr Puls getastet werden kann.(3)

1.3.4 Arteria submentalis

Die A. submentalis entspringt als zweiter Ast aus der A. facialis, sie verläuft hier gemeinsam mit dem N. mylohyoideus durch das Trigonum submandibulare und zieht ventralwärts. Ihre tiefen Zweige versorgen den M. mylohyoideus und den M. digastricus, oberflächlichere Äste steigen in die Gegend der Unterlippe auf und versorgen hier die Weichteile der Kinnregion. Es kommt im Bereich der A. submentalis zur Ausbildung eines ausgeprägten Kollateralkreislaufes. So kann es zur Ausbildung von zahlreichen Anastomosen mit manchmal starken Gefäßen kommen. Eine Verbindung kann mit der A. sublingualis durch den M. mylohyoideus oder der A. alveolaris inferior sowie der A. mentalis bestehen.(4)

Hafferl beschreibt einen Seitenast der A. submentalis, welcher den M. mylohyoideus durchbohrt und eine Anastomose mit der A. sublingualis ausbildet, ist dieser deutlich verstärkt kann er die A. lingualis sogar ganz ersetzen. (3)

Nakajima et al 2014 bezifferten die Häufigkeit einer Penetration der A. submentalis durch den M. mylohyoideus auf 34,04%.(10)

Nach Fujita et al 2012 findet die Perforation der A. submentalis durch den M. mylohyoideus zu 73,3% im vorderen Drittel, zu 26,7% im mittleren Drittel aber nie im hinteren Drittel des Muskels statt.

Der mittlere Durchmesser der A. mentalis betrug hierbei $2,03 \pm 0,69$ mm (11)

Loukas et al fanden eine Anastomose der A. submentalis mit der A. lingualis in 40% der untersuchten Fälle. (12)

Nach Bavitz et al 1994 war die Sublingualarterie in 53% der Fälle sehr klein, unbedeutend oder fehlend, so dass ihr Versorgungsgebiet aus der A. submentalis gespeist wurde. (13)

In Sonderfällen kann es sogar möglich sein, dass sich die A. facialis einseitig auf die Region des Kiefferrandes oder den Mundboden beschränkt.

Erschöpft sich die A. facialis bereits im Bereich des Mundbodens, so stellte die A. submentalis ihren Endast dar.

Falls die A. sublingualis fehlt oder nur teilweise vorhanden ist, kann die A. submentalis zudem auch die Versorgung des sublingualen Areales des Mundbodens ganz oder teilweise übernehmen. (4)

Im Falle, dass die A. mentalis und A. sublingualis eine ähnliche Stärke aufweisen, kann der Eindruck entstehen, beide würden gemeinschaftlich aus der A. facialis entspringen.

Ein einseitiges Entfernen der A. facialis im Gesicht ist möglich, da sie über viele leistungsfähige Verbindungen mit der A. maxillaris, der A. temporalis superficialis, sowie der A. facialis der Gegenseite verfügt. (4,6)

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die unterschiedlichen Variationen und Häufigkeiten im Gefäßverlauf der A. submentalis teilweise gemeinsam mit der A. sublingualis im Kapitel 1.3.6 beschrieben.

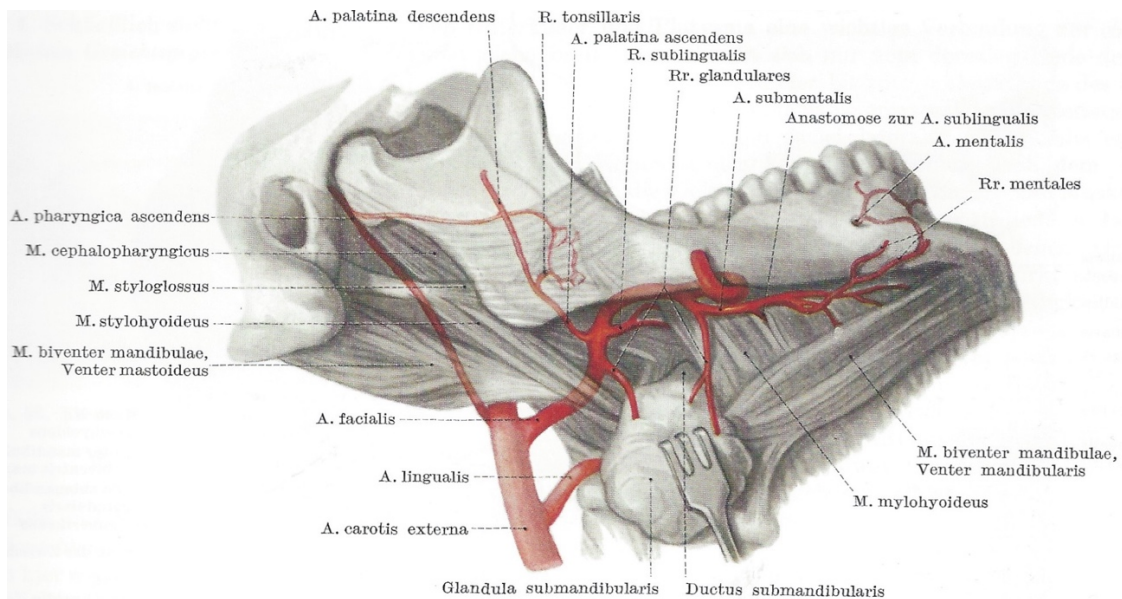


Abbildung 8: Darstellung der A. facialis im Mundboden aus (4) (Lanz, 2004, p.84)

1.3.5 Arteria lingualis

Der Verlauf der A. lingualis kann nach Shangkuan et al. 1998 in vier Abschnitte eingeteilt werden:

Im ersten Segment befindet sich ihr Ursprung. Die A. lingualis entspringt meist als zweiter Ast oberhalb der A. thyroidea superior, etwa auf Höhe des Cornu major des Zungenbeines, aus der A. carotis externa. Wie beschrieben, besteht die Möglichkeit der Bildung eines gemeinsamen Stammes mit der A. facialis oder der A. thyroidea superior. Nach ihrem Entspringen steigen 84% der Lingualarterien nach medial auf, um direkt daraufhin wieder, unter Bildung eines Bogens nach ventral, etwas unterhalb der Höhe ihres Ursprungsniveaus abzusteigen.

Die restlichen 16% der Arterien verlaufen ohne diesen ersten Bogen schräg nach vorne. Im ihrem zweiten Segment verläuft die Arterie nachdem sie das Trigonum caroticum durchquert hat durch den M. hypoglossus. Sie zieht entlang einer schrägen Ebene von posterosuperior nach anteroinferior, um hier ihren tiefsten Punkt ca. 0-1,2cm oberhalb des Zungenbeines zu erreichen. In den Bereich der Zungenwurzel entlässt sie kleine Äste, die Rr. dorsales linguae, zur Versorgung der Radix linguae. Ihr Versorgungsgebiet erstreckt sich von ca. 5 mm hinter dem Sulcus terminalis bis zum Arcus palatopharyngeus und der Epiglottis.

Das dritte Segment bezeichnet den aufsteigenden Anteil der Lingualarterie. Er zieht in einem Winkel von ca. $39,4 (\pm 16,4^\circ)$ zur Senkrechten in die Zunge hinauf.

In ihrem weiteren Verlauf ist die Arterie deutlich geschlängelt, um genug Reservelänge für Bewegungen des Kehlkopfes, des Zungenbeines und der Zunge zu erhalten.

Kurz nach Beginn ihres Aufstieges entlässt die A. lingualis die A. sublingualis, welche in ihrem weiteren Verlauf zwischen der Glandula sublingualis und dem M. genioglossus nach vorne zieht, um die Regio sublingualis zu versorgen.

Das letzte Segment der A. lingualis ist ihr horizontaler Endast, die A. profunda linguae. Sie zieht an der lateralen Seite des M. genioglossus entlang, um anschließend von der Tiefe in einem Bogen bis zur Zungenspitze und zum Zungenrücken zu gelangen. Sie versorgt hier den lateralen Rand der Zunge und ihren Rücken der Zunge bis etwa 5 mm hinter dem Sulcus terminalis, bleibt aber mit Ausnahme der Zungenspitze ipsilateral. (4,14,15)

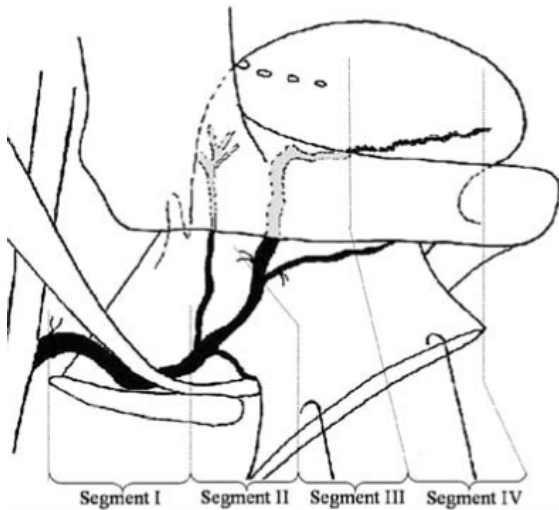


Abbildung 9: Segmenteinteilung der A. lingualis aus(15) (Lopez et al, 2007)

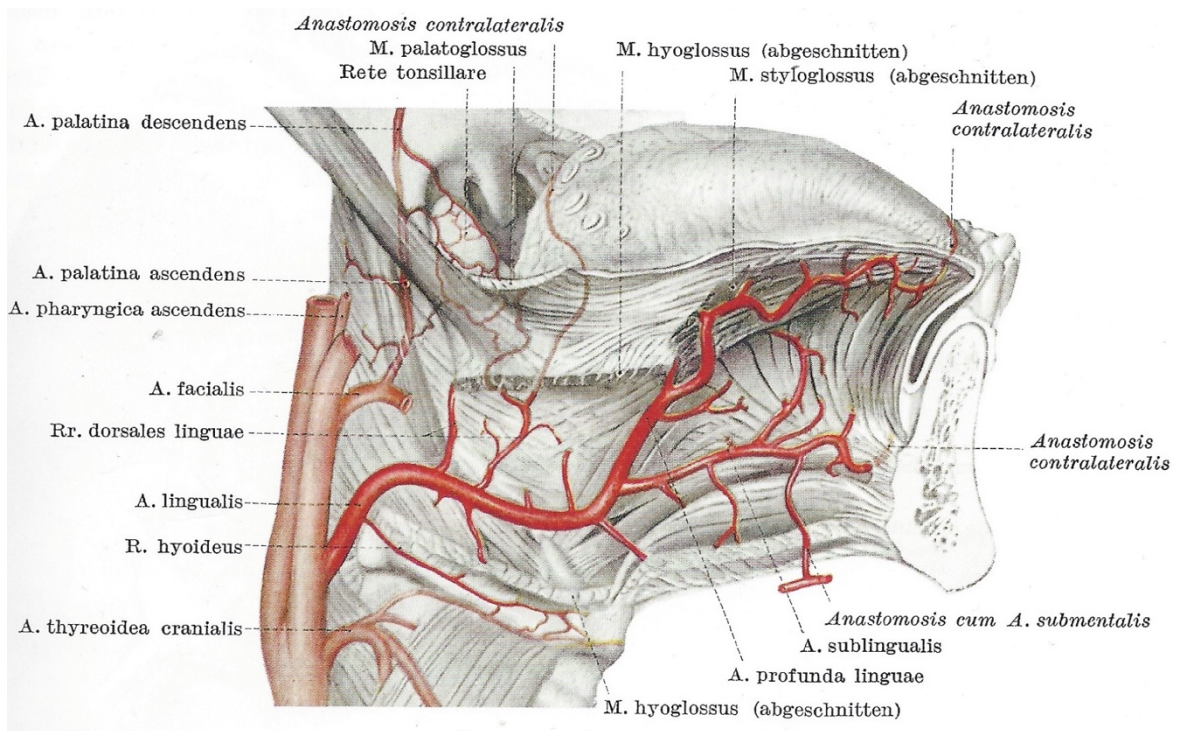


Abbildung 10: Systemische Übersicht der A. lingualis mit ipsi- und kontralateralen Verbindungen aus (4) (Lanz, 2004, p.94)

Bezüglich der Anastomosen im Bereich der A. lingualis gibt es unterschiedliche Angaben in anatomischen Lehrbüchern:

Hafferl schildert hier zwar Anastomosen mit der Arterie der Gegenseite, sowohl im Bereich der A. lingualis als auch bei der A. profunda linguae, allerdings beschreibt er diese als nicht ausgiebig und ganz zart. (3)

Lanz beschreibt hier das Vorkommen von unterschiedlichen Anastomosen:

Im Bereich der A. profunda linguae wurden sowohl häufige und ca. 0,2-0,5mm dicke Anastomosen gefunden (16), wobei einige Äste mit der Gegenseite anastomosierten (17), als auch ihr völliges Fehlen dargestellt (18).

In seltenen Fällen wurde eine zentral in der Zunge verlaufende Arterie, die A. mediana linguae, als Variante der A. profunda linguae beschrieben, sowie ein direktes Entspringen der A. submentalis als Ast der A. lingualis.

Zusätzlich wurde im Bereich der Zungenwurzel eine Anastomose des Rr. dorsales linguae untereinander über die Mittellinie reichend beschrieben. (4)

Standring beschreibt das Auftreten eines ausgeprägten arteriellen Netzwerkes im gesamten Körper der Zunge. Die Anastomosen von Blutgefäßen mit der kontralateralen Seite werden im Bereich der Zungenspitze beschrieben.

Zudem werden auch arterielle Anastomosen im Bereich der Rr. dorsalis linguae mit denen der Gegenseite dargestellt. (19)

O'Neill et al 2016 untersuchten die arteriellen Anastomosen im Bereich der Zunge an 9 Humanpräparaten.

Sie beschrieben den Verlauf und die Verteilung der Lingualarterien als sehr unterschiedlich. Arterien, welche über die Mittellinie der Zunge kreuzten konnten nicht gefunden werden.

Allerdings stellten sie fest, dass sich eine einseitig in die Lingualarterie injizierte Masse auch bis in die kontralaterale Arterie und ihre Äste ausbreitete. Sie führten dies auf ein Netzwerk von kleinen Arterien im Bereich des Mundbodens hinter der Symphyse des Unterkiefers zurück, wo es zu potenziellen Anastomosen mit der kontralateralen A. lingualis kam.

Auch beobachteten sie, dass aufsteigende Äste der A. sublingualis die Zungenspitze erreichten und sich mit der A. profunda linguae verbanden. (20)

Shangkuan et al 1997 beobachteten, dass in der Regel alle Blutgefäße durch das Lingualseptum vollständig voneinander getrennt wurden.

Ausgenommen hiervon waren Anastomosen des submukösen arteriellen Netzwerkes der Zunge, welche eine Reihe von dichten arteriellen Verzweigungen im Bereich des Rückens und der Spitze der Zunge bildeten. In diesen Gebieten wurden Anastomosen mit der Gegenseite beobachtet. Für gewöhnlich treten ein bis drei arterielle Anastomosen mit einem Durchmesser von mehr als 0,2 mm an der Spitze und der dorsalen Mitte des Zungenkörpers auf. Gelegentlich kamen auch arterielle Anastomosen mit einem moderaten Durchmesser von bis zu 2,0 mm Durchmesser vor. (14)

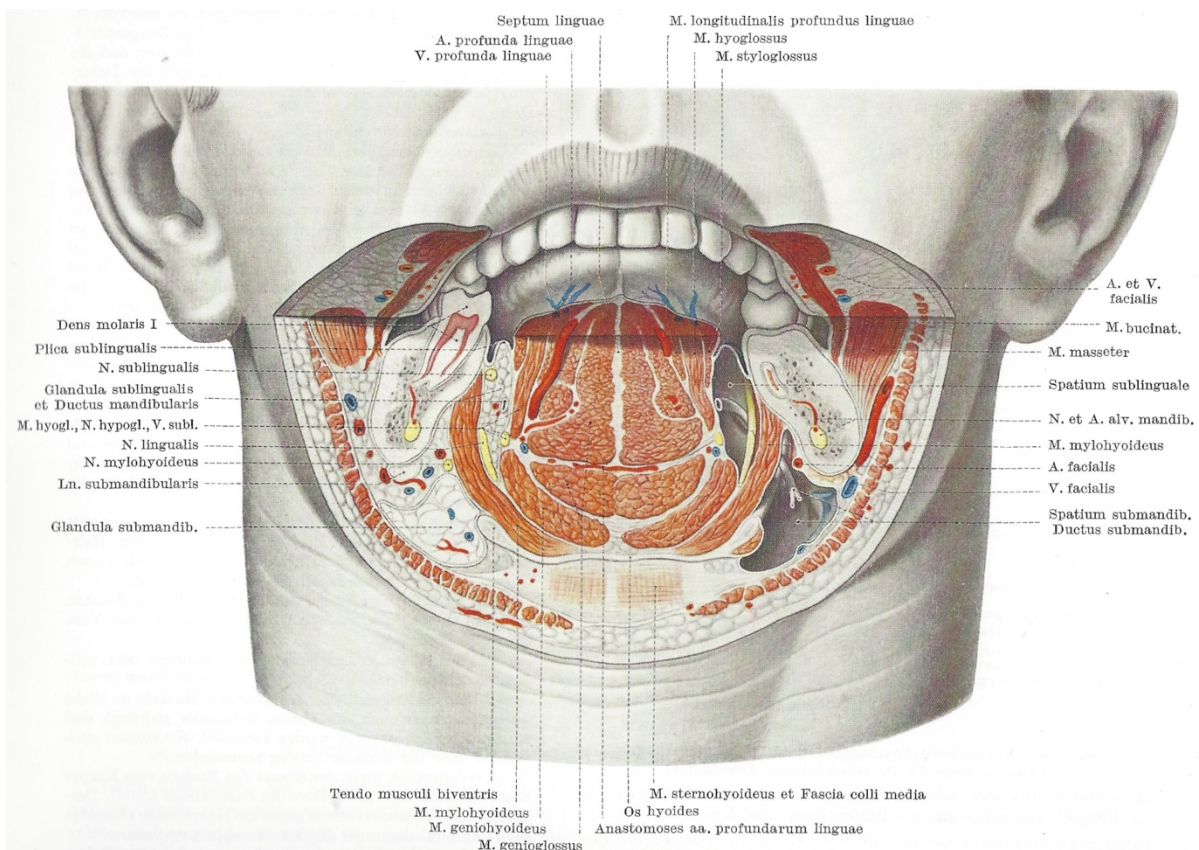


Abbildung 11: Anatomischer Querschnitt im Bereich des Mundbodens und der Regio sublingualis aus (4) (Lanz, 2004, p.107)

1.3.6 Arteria sublingualis

In der Literatur sowie in einigen anatomischen Lehrbüchern finden sich teils unterschiedliche, teils übereinstimmende Aussagen über die A. sublingualis.

Es soll erst kurz auf Vergleiche in den anatomischen Lehrbüchern eingegangen werden, welche den Verlauf der A. sublingualis beschreiben. Im Anschluss soll auf sich unterscheidende Aussagen im Bezug auf ipsi- oder contralaterale Anastomosen eingegangen werden.

Die A. sublingualis setzt sich auf Höhe des oralen Randes des M. hyoglossus als Ast der A. lingualis fort und zieht in der ursprünglichen Verlaufsrichtung der A. lingualis weiter. Von dort verläuft sie zwischen dem M. genioglossus und der Glandula sublingualis in der Regio submandibularis weiter nach anterior.

Mit ihren kleinen Ästen versorgt sie nahezu den gesamten Mundboden. (1,3,4,19)

Sowohl Hafferl als auch Lanz beschreiben beide die Sublingualarterie als einen Ast der A. lingualis mit sehr wechselnder Stärke. Zudem besteht die Möglichkeit, dass die A. sublingualis als ein Ast der A. submentalis aus der A. facialis hervorgehen kann.

Unter Umständen kann es vorkommen, dass die deutlich verstärkte A. mentalis den M. mylohyoideus durchbohrt und so die A. lingualis ergänzt oder ersetzt. (3,4)

Im Bezug auf die Anastomosen mit der kontralateralen Seite unterscheiden sich die beiden Autoren jedoch.

Lanz beschreibt eine Verbindung der rechten und linken Sublingualarterie im Bereich des Frenulums. (4)

Laut Hafferl hingegen ist eine Anastomose mit der A. sublingualis der kontralateralen Seite nicht vorhanden. (3)

Schon in der Embryonalentwicklung wurde beim Fetus ein mentaler arterieller Plexus beobachtet, welcher mit den A. mentalis, A. submentalis und der A. labialis inferior anastomosiert. Zusätzlich konnten auch Verbindungen der submentalen und sublingualen Arterien zur kontralateralen Seite gefunden werden. Als Variante in der Gefäßversorgung konnte schon beim Fetus der Ursprung der A. sublingualis aus der A. facialis dargestellt werden. (21)

Iwanaga et al 2017 konnten im Rahmen einer radiologischen Untersuchung bei Feten das Eintreten eines Astes der A. sublingualis, welcher mit kleinen Ästen der A. submentalis verbunden war, in das mediane linguale Foramen der Mandibula beobachten. (22)

Gakonyo et al 2015 untersuchten beim Erwachsenen die unterschiedliche Herkunft der sublingualen Arterie, die in das mediane linguale Foramen der Mandibula eindrang. Die A. sublingualis konnte hier entweder als ein Ast der A. lingualis (73,5%), der A. submentalis (17,6%) oder einer Anastomose beider (8,9%) gefunden werden. (23) Diese Verbindung wurde sowohl in der Literatur, sowie in Lehrbüchern beschrieben. Standring und Dae et al 2013 beschreiben eine Anastomose mit der A. sublingualis der Gegenseite, im Zuge dessen wird ein gemeinsamer Ast dargestellt, welcher in Richtung des linguale Foramens der Mandibula zieht. (19)(24)

Im Verlauf des Eintritts in das linguale Foramen kann es auch zu einer Verbindung mit der A. alveolaris inferior kommen.(25)(24)

Auch andere Autoren stellten in der Literatur Abweichungen vom Ursprung und den Anastomosen der Gefäße untereinander dar:

Shangkuan et al 1998 beobachteten das gelegentliche Entspringen einer zweiten sublingualen Arterie aus dem horizontalen Segment der A. linguae profunda, vor allem dann, wenn ihr erster abgegebener Ast klein ist. Meist entsprang allerdings nur eine A. sublingualis aus dem aufsteigenden dritten Segment der A. lingualis. Anastomosen der A. sublingualis wurden hier sowohl mit der kontralateralen Arterie, der A. profunda linguae und der ipsilateralen A. submentalis beobachtet. (14)

Loukas et al 2008 konnten die A. lingualis in 73% und die A. submentalis in 23% der Fälle als Ursprung der A. sublingualis identifizieren.

Sie fanden Anastomosen der A. sublingualis mit der A. labialis inferior in 52%, mit der A. submentalis in 40% und der A. submentalis mit der A. labialis inferior in 54% der Fälle. Äste der A. sublingualis zur Versorgung des Mundbodens und der Gingiva des vorderen Unterkiefers fanden sich in 72% der Fälle im Bereich des seitlichen Schneidezahnes, zu 62% um den Eckzahn herum und zu 81% im Territorium des ersten Prämolaren. (12)

Der Gefäßverlauf der submentalen und sublingualen Arterien ist sehr variabel und wurde von mehreren Autoren ausgiebig untersucht.

Im Folgenden wird kurz die Einteilung des Gefäßverlaufes in zehn anatomische Varianten nach Nakajima et al 2014 (10) dargestellt, sowie auf die Überschneidungen mit anderen Studien eingegangen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auch der Verlauf der A. submentalis an dieser Stelle mitbeschrieben.

Insgesamt kann der Gefäßverlauf der submentalen und sublingualen Arterien in sechs Typen mit einem unabhängigen Ursprung der Arterien und in vier Typen mit gemeinsamem Ursprung unter der Bildung eines Truncus linguofacialis eingeteilt werden.

Die Klassifikation des Arterienverlaufes im sublingualen und submandibulären Raum ist in Abbildung 12 dargestellt, ihre Häufigkeiten sind in Tabelle 1 aufgeführt. (10)

Ohne Bildung eines gemeinsamen Truncus linguofacialis kommt es zur Bildung der folgenden Variationen: (10)

L: Am häufigsten kommt mit 42,03% eine Sublingualarterie vor, welche aus der lingualen Arterie entspringt. Es findet keine Kommunikation zwischen der A. submentalis und der A. lingualis statt.

LF-1: In 5,07% der Fälle kommt es zur Bildung von Anastomosen der A. lingualis und der A. submentalis im sublingualen Raum, durch den M. mylohyoideus hindurch.

LF-2: Zu 6,52% anastomosiert die A. submentalis nicht mit der A. sublingualis, die von der A. lingualis abzweigt. So kommt es zur Bildung von zwei sublingualen Arterien, welche sich unabhängig voneinander im sublingualen Raum verteilen.

F-1: Bei 18,12% der Fälle entsprang die sublinguale Arterie nicht aus der Lingualarterie, beide wurden aus der A. facialis gespeist.

F-2: In unter 1 % anastomosieren die A. submentalis und die A. sublingualis, nachdem beide aus der A. facialis entsprungen waren.

F-3: Am zweithäufigsten, mit 18,84%, entsprang die A. sublingualis als ein Ast der A. submentalis. Dies geschah nachdem sie den M. mylohyoideus durchdrungen hatte um in die sublinguale Region zu gelangen und hier die A. sublingualis bildete.

Unter der Bildung eines Truncus linguofacialis konnten folgende Variationen beobachtet werden (10)

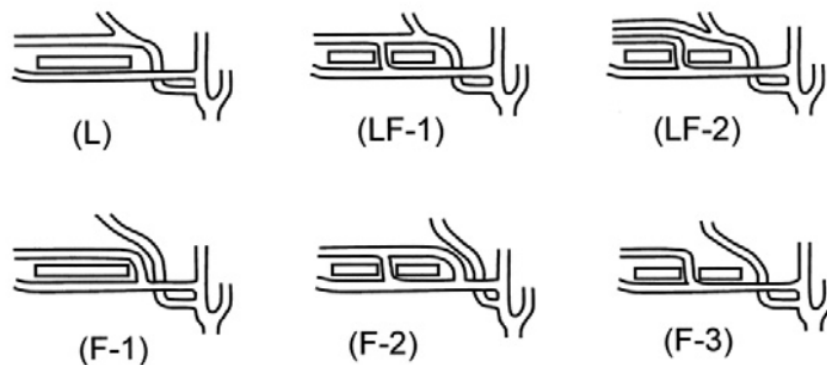
C-1: In 5,07% der Fälle kam es nach Entspringen der A. sublingualis aus der A. lingualis nicht mehr zur Bildung von Anastomosen mit der A. submentalis.

C-2: In unter 1% der Fälle anastomosiert die A. submentalis im sublingualen Raum mit der A. sublingualis, welche ihren Ursprung von der A. lingualis hat.

C-3: Bei 2,17% entsprang die A. sublingualis als ein Ast der A. submentalis, nach Durchdringung des M. mylohyoideus. Die A. sublingualis geht nicht aus der A. lingualis hervor.

C-4: In unter 1% der Fälle entsprangen die A. sublingualis und A. submentalis beide aus der A. facialis.

Facial and lingual arterial forms in the sublingual and submental regions.



The facial artery and the lingual artery form a common trunk.

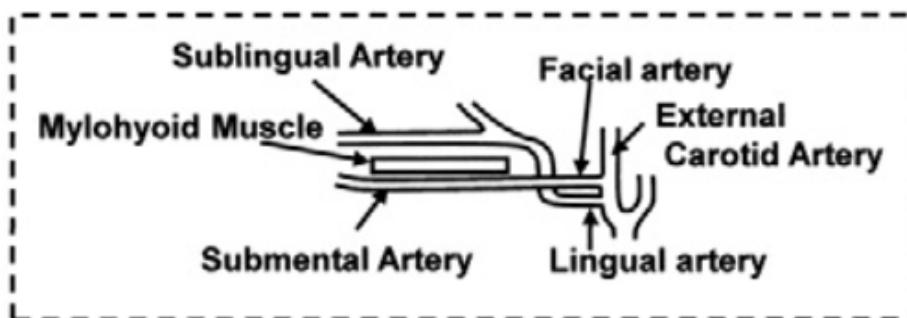
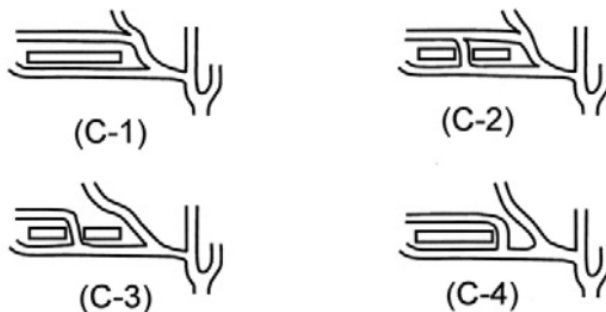


Abbildung 12: Klassifikation der arteriellen Verlaufsformen in der Regio submentalis und Regio sublingualis nach (10) (Nakajima et al., 2014)

	L	LF-1	LF-2	F-1	F-2	F-3	C-1	C-2	C-3	C-4
n (=138)	58	7	9	25	1	26	7	1	3	1
%	42,03	5,07	6,52	18,12	0,74	18,84	5,07	0,72	2,17	0,72

L= A. lingualis, F= A. facialis, C= common Trunk

Tabelle 1: Häufigkeitsverteilung der arteriellen Verlaufsformen in der Regio submentalis und Regio sublingualis Werte übernommen aus (10) (Nakajima et al., 2014)

Bavitz et al 1994 untersuchten den relativen Beitrag der A. sublingualis an der Versorgung des Mundbodens im Vergleich zur A. submentalis.

Manchmal war die A. sublingualis besonders klein, unbedeutend oder fehlend, als Folge dessen war meist ein großer perforierender Ast aus der Submentalarterie vorhanden.

In 59,7% der Fälle konnte ein großer Ast hervorgehend aus der A. submentalis gefunden werden, welcher durch die Perforation des M. mylohyoideus in die Regio sublingualis gelangte.(13)

In der geschlechterspezifischen Betrachtung trat ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern auf. (24,26) So kam es bei 63,6% (27) und 75,6% (24) der Frauen und nur bei 50% (27) und 51,9% (24) der Männer zur Beobachtung eines „usual Type“ (laut Einteilung nach Nakajima et al 2014 der Typ-L), bei dem keine Anastomosen durch den M. mylohyoideus auftraten.

Im Vergleich der Symmetrie, der den Mundboden arteriell versorgenden Gefäße fiel auf, dass die unterschiedlichen Typen in den meisten Fällen bilateral auftreten.

So konnten in 72,5% (24) und 70,6% (27) auf der rechten sowie auf der linken Seite des Mundbodens identische Typen der Gefäßverläufe gefunden werden.

1.3.7 Arteria alveolaris inferior

Die A. alveolaris inferior entspringt der A. maxillaris. Kurz nach ihrem Abgang entlässt sie den R. lingualis, welcher gemeinsam mit dem N. lingualis an der Versorgung der Mundschleimhaut beteiligt ist. Die Arterie zieht weiter Richtung Foramen mandibulae, kurz vor ihrem Eintritt gibt sie den R. mylohyoideus ab. Dieser zieht unter dem Lig. sphenomandibulare nach inferior, um seinen gleichnamigen Muskel sowie das lingualseitige Periost zu versorgen.

Der R. mylohyoideus kann Anastomosen mit der A. submentalis der A. facialis ausbilden. Der Hauptstamm der Arterie zieht weiter durch das Foramen mandibulae in den Canalis mandibulae, auf seinem Weg gibt er die Rr. dentales zur Versorgung der Zahnwurzeln und die Rr. peridentales zur Versorgung des Zahnhalteapparates ab.

Etwa auf Höhe des 1. Prämolaren teilt er sich für gewöhnlich in einen R. incisivus und einen R. mentalis.

Der R. incisivus zieht weiter nach vorne bis zu den Schneidezähnen, um hier mit der gleichnamigen Arterie der Gegenseite zu anastomosieren. Auf seinem Weg innerhalb des Kanales gibt er kleine Äste zur Versorgung der Schneidezähne ab.

Der R. mentalis tritt am Foramen mentale aus und versorgt die Weichteile um das Kinn sowie die Unterlippe.

Hier kommt es zu Anastomosen mit der A. submentalis und der A. labialis inferior. (6,28)

1.4 Blutungen im Bereich des Mundbodens

Bei allen chirurgischen Eingriffen (wie z.B. bei einer operativen Zahnentfernung oder einer Implantation) besteht das Risiko einer Blutung. Gerade im Bereich des Mundbodens ist es erhöht, da er von zahlreichen Gefäßen durchzogen und gut durchblutet ist.

Kommt es bei oder nach chirurgischen Eingriffen zu Komplikationen, wie etwa einer Blutung, ist die wesentliche Fragestellung, woher die Blutung kommt und durch was sie verursacht wurde. Eine Blutung kann durch die Verletzung von Weichgewebe oder einer Arterie bei dem chirurgischen Eingriff erfolgen.

Für das Erkennen der Ursache ist die Kenntnis der Gefäßversorgung des Mundbodens essentiell. Nicht immer muss die Verletzung eines großen arteriellen Gefäßes an der Blutung schuld sein; sie kann auch durch die kleinen Gefäße des Periostes, der Weichteile oder der Muskeln hervorgerufen werden.

Blutungen während der Operation werden begünstigt, wenn der Patient/die Patientin vorher blutgerinnungshemmende Medikamente eingenommen hat oder an einer Blutgerinnungsstörung leidet. Dies ist unbedingt vor der Operation durch den behandelnden Arzt abzuklären.

Eine postoperative Blutung kann durch einen hohen Blutdruck oder das Nachlassen der vasokonstriktorischen Wirkung des Lokalanästhetikums ausgelöst werden.

Durch eine Einblutung in die Zunge, den Zungenrund, den sublingualen oder submandibulären Raum kann es zur Bildung eines ausgeprägten Hämatoms kommen. Eine damit verbundene Schwellung kann innerhalb von kurzer Zeit oder mit etwas Verzögerung auftreten. Je nach Ausmaß der Schwellung besteht im schlimmsten Fall die Möglichkeit einer Obstruktion der oberen Atemwege, welche lebensgefährlich ist.

Eine schwerwiegende Verletzung des Mundbodens zählt so in der Zahnmedizin zu einer der wenigen Komplikationen welche eine sofortige interdisziplinäre Therapie an einer Klinik notwendig macht.(29)

Das erste Ziel der Behandlung sollte bei einer massiven Hämatombildung die Absicherung der Atemwege sein. In der Regel ist eine Intubation oder eine Tracheotomie für die Sicherung der Atemwege die effizienteste Lösung.

Da die meisten Blutungskomplikationen durch Bluthochdruck oder Gerinnungsstörungen ausgelöst werden, können sie mit einer konservativen medikamentösen Therapie erfolgreich behandelt werden.

Die chirurgische Drainage des Hämatoms stellt keine geeignete Therapie dar, da Blutungen normalerweise tief in den Muskeln und nicht in potenziellen Zwischenräumen zwischen den Fascien auftreten.

Tritt beim Patienten/Patientin postoperativ eine akute Massenblutung auf, kann eine Ligatur der Lingualarterie notwendig werden. (30)

Die Auffindbarkeit der A. lingualis beschreibt Lanz wegen ihrer sehr konstanten Lage im Trigonum submandibulare als leicht. Sie kann unterhalb des M. hyoglossus im Pirogoff-Dreieck angetroffen werden. Dies wird an der Vorderseite durch den hinteren Rand des M. mylohyoideus, an der Unterseite durch die Sehne des M. digastricus und an der Oberseite durch den N. hypoglossus gebildet, siehe Abbildung 13. (4)

In der Studie von Homze et al 1997 war das Pirogoff Dreieck jedoch nur bei 58,2% der Präparate vorhanden. In den restlichen 32,8% konnte der N. hypoglossus nicht superior der Sehne des M. digastricus gefunden werden. In 67% der Fälle befand sich die Lingualarterie inferior der oberen Grenze der Sehne des M. digastricus. Zudem lag die Lingualarterie in 84,6% der Fälle weiter inferior als der N. hypoglossus.

Diese Beobachtung ließ die Schlussfolgerung zu, dass die A. lingualis und der N. hypoglossus manchmal weiter inferior liegen, als sie klassisch beschrieben wurden. (31)

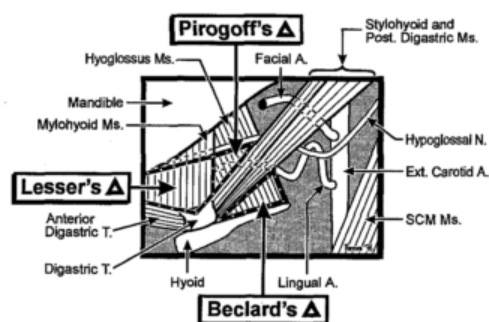


Abbildung 13: Lagebeziehung des N. hypoglossus und der A. lingualis zu kleineren Dreiecken der vorderen Halsregion. aus (31)(Homze et al., 1997)

1.5 Innervation des Mundbodens

Die Hauptversorgung der Mundbodenregion findet durch den N. lingualis und den N. hypoglossus statt.

1.5.1 Nervus lingualis des N. trigeminus (N. V)

N. trigeminus ist der fünfte Hirnnerv, der sowohl motorische als auch sensible Faseranteile führt. Die Stirn- und Gesichtshaut, die Schleimhäute und die Muskelspannungsrezeptoren werden von ihm sensibel versorgt. Als Nerv des 1. Kiemenbogens versorgt er vor allem die Kaumuskulatur und ihre Abkömmlinge.

Er bildet drei Äste, den N. ophthalmicus (V/1), N. maxillares (V/2) und den N. mandibularis (V/3). (6)

Der N. lingualis ist ein Ast des N. mandibularis, dem dritten Endast des fünften Hirnnervens, des N. trigeminus.

Nach seiner Spaltung vom Stamm läuft der N. lingualis für kurze Zeit parallel zum N. alveolaris inferior, lagert sich dann dem M. pterygoideus medialis auf, um zur hinteren Rachenwand zu gelangen und zieht im Anschluss in die Mundhöhle.

Die Fasern aus dem N. trigeminus sind ausschließlich sensible Anteile. Ca. 2 cm nach der Trennung von seinem Stamm, erhält er von der Chorda tympani des N. facialis sowohl afferente als auch efferente Fasern. Diese Fasern versorgen Teile der Zungenschleimhaut sensibel und die Geschmackspapillen mit sensorischen Anteilen. Die Fasern mit efferenter Qualität aus der Chorda tympani sind präganglionäre Fasern des N. facialis. Ihre Umschaltung auf postganglionäre Fasern erfolgt erst 5-6 cm weiter distal im Ganglion submandibulare, welches im Bereich des Kieferwinkels zu liegen kommt. Die bereits in der Halsregion umgeschalteten sympathischen Fasern aus dem Geflecht der A. facialis und der A. carotis communis ziehen durch das Ganglion ohne umgeschaltet zu werden. Das Ganglion ist so rein parasymphatisch.

Der N. mandibularis führt vier Faserqualitäten mit sich: sensibel, parasymphatisch, sympathisch, sensorisch. Der Anteil der mitgeführten sensiblen Fasern ist jedoch 20-fach höher als die der übrigen Faserqualitäten.

Nach seinem Eintritt in die Mundhöhle, lagert sich der Nerv seitlich an der Zunge relativ oberflächlich an der Mundbodenschleimhaut, dem M. mylohyoideus auf. In seinem Verlauf kreuzt er den Ductus submandibularis, um am seitlichen Rand des Corpus linguae in die Zunge einzutreten. Von hier aus zieht er mit seinen Endästen den Rami linguales

zum Dorsum linguae, wo sie in der Schleimhaut des Zungenkörpers und der Zungenspitze enden.

Das Innervationsgebiet des N. lingualis beschränkt sich nicht nur auf die sensible Versorgung der Schleimhaut des Mundbodens und der Zunge. Seine hintersten Zweige versorgen auch die Schleimhaut im Bereich der Schlundenge und der Gaumenmandel. Die Versorgung der Glandula submandibularis und sublingualis erfolgt im Bereich der Kapsel durch sensible Anteile, zur Drüse selbst ziehen sekretorische Fasern. (32)

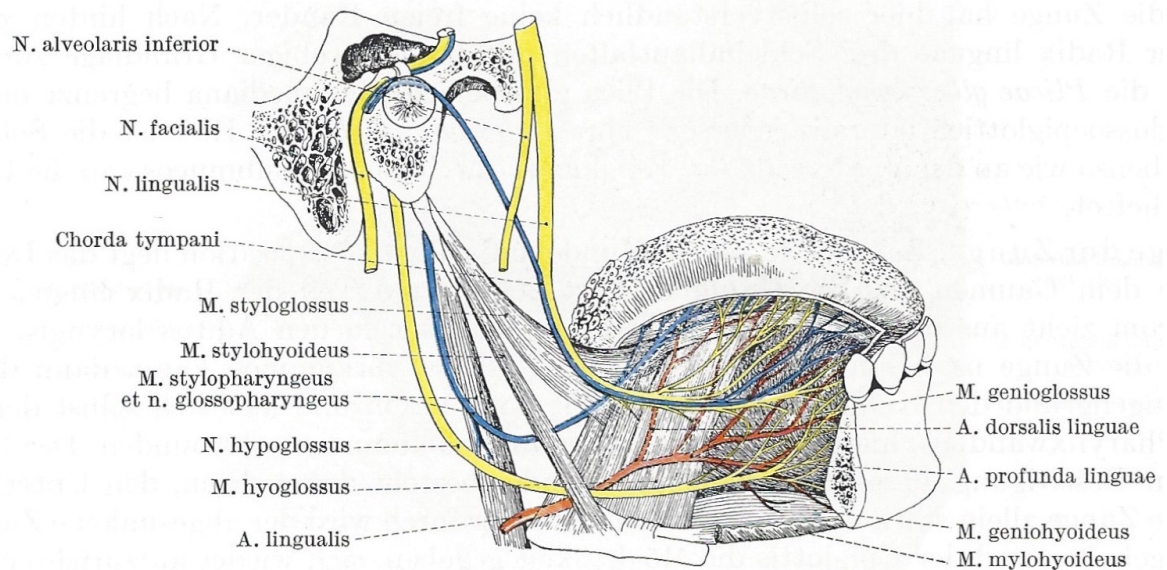


Abbildung 14: Arterien und Nerven der Zunge nach Entfernung der lateralen Mandibulaus (3) (Hafferl, 1969, p. 178)

1.5.2 N. hypoglossus

Der Nerv tritt im Bereich des Sulcus lateralis der Medulla oblongata aus, von dort durchbohrt er die Dura Mater in zwei getrennten Bündeln, um die Schädelhöhle durch den Canalis n. hypoglossi zu verlassen. Der Kanal endet medial und nur etwas hinter der Pars nervosa des Foramen jugulare. Deshalb befindet sich der N. hypoglossus bei seinem Austritt aus dem Schädel medial und hinter dem N. vagus, welcher direkt durch das Foramen jugulare zieht.

In seinem weiteren Verlauf nach caudal wechselt der N. hypoglossus langsam erst an die laterale und später an die vordere Seite, so schlingt er sich von hinten nach vorne, lateral um den N. vagus und die A. carotis interna herum.

In seltenen Fällen umschlingt er auch noch die V. jugularis, welche er normalerweise lateral liegen lässt. (3)

Beim Eintritt ins Trigonum caroticum entlässt der Nerv den R. superior der Ansa cervicalis, welche seinen Ursprung aus dem ersten und zweiten Zervikalnerven hat und sich dem N. hypoglossus bereits weiter oben angelegt hat. Dieser entlassene Teil vereinigt sich im unteren Bereich des Trigonums mit dem R. inferior aus dem zweiten und dritten Zervikalnerven, um die Ansa cervicalis profunda zu bilden.

Durch die enge Lagebeziehung des N. hypoglossus zum N. vagus kann es passieren, dass sich der R. superior der Ansa cervicalis dem N. vagus über eine mehr oder weniger kurze Strecke anschließt. Dies kann daran erkannt werden, dass der N. vagus in diesem Fall einen Ast im Trigonum caroticum abgibt, was er normalerweise nicht macht.

Der N. hypoglossus selbst zeigt sich nach seinem Eintritt in das Trigonum caroticum direkt unter dem hinteren Bauch des M. digastricus. Er zieht in einem bogenförmigen Verlauf weiter nach vorne, wo er wieder unter dem M. digastricus verschwindet. Der bogenförmige Verlauf des Nervens wird Arcus n. hypoglossi genannt. Oberflächlich wird er in diesem Bereich nur von der V. jugularis gekreuzt, alle Arterien liegen hier tiefer als der Nerv. Das Trigonum submandibulare erreicht der Nerv unterhalb der Sehne des M. digastricus und des M. stylohyoideus. Hier legt er sich dem M. hyoglossus von lateral heran.

Gemeinsam zieht er mit der V. comitans n. hypoglossi durch eine Spalte am hinteren Rand des M. mylohyoideus und gelangt auf die kraniale Seite des Diaphragma oris.

Nach seinem Eintritt in die Mundhöhle liegt der N. hypoglossus von der A. lingualis durch den M. geniohyoideus getrennt und zieht von hinten in einem nach unten konvexen Bogen

an die Zunge heran. Nach seiner fächerförmigen Aufspaltung innerviert er streng einseitig alle Zungenmuskeln sowie den M. geniohyoideus. (3)

Eine Schädigung des N. hypoglossus führt zu einer Hemiatrophie, sie macht sich durch eine halbseitige Schrumpfung der Zunge bemerkbar. Das Herausstrecken führt zu einer Abweichung zu der erkrankten Seite.(33)

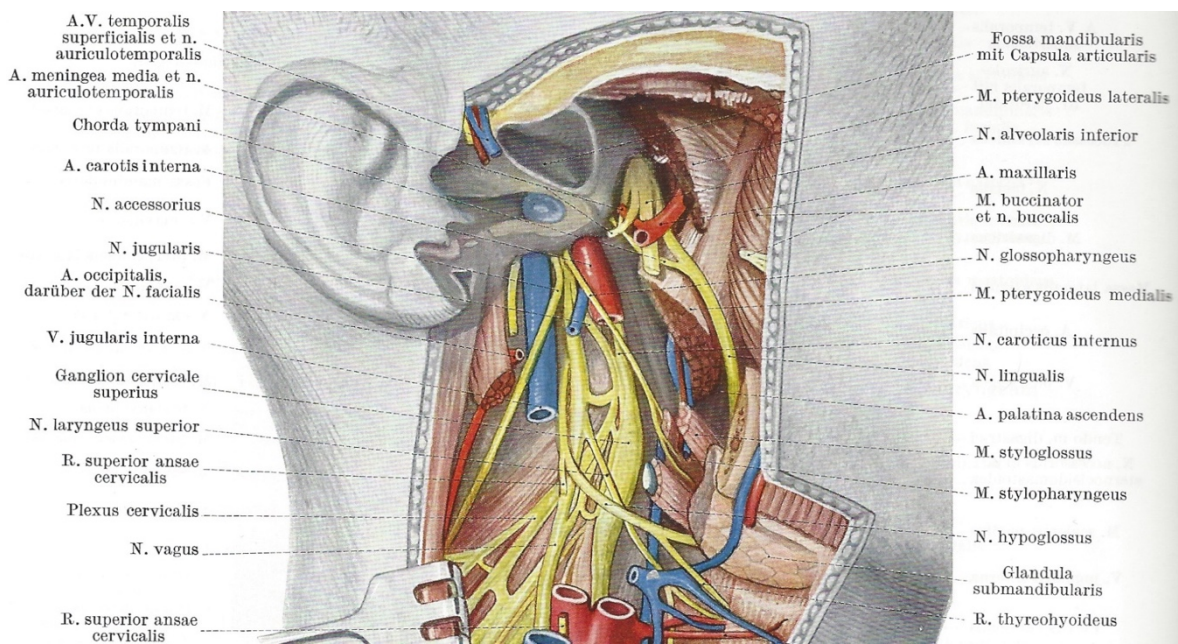


Abbildung 15: Nerven im Spatium parapharyngeum aus (3) (Hafferl, 1969, p. 198)

2 Fragestellung

Die vorliegende Diplomarbeit richtet sich im Kern danach, die vaskuläre Versorgung des Mundbodens sowie seinen genauen anatomischen Aufbau zu beschreiben.

Mit welcher Häufigkeit und Lokalisation treten Anastomosen im Bereich der Mediansagittalen in der Literatur und am Humanpräparat auf ?

Kommt es durch die Ausbildung von Anastomosen über die Mediansagittale zu einem regelmäßigen Vorkommen eines Kollateralkreislaufes im Bereich der A. sublingualis ?

Die Arbeit ist in einen theoretischen und einen praktischen Teil unterteilt worden.

Den theoretischen Anteil dieser Arbeit stellt eine Literaturrecherche zum Thema der exakten vaskulären Versorgung und der anatomischen Strukturen des Mundbodens dar. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei auf die Verbindungen der Gefäße untereinander sowie auf Anastomosen über die Mediansagittale gelegt.

Der praktische Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der radiologischen Untersuchung speziell vorbereiteter anatomischer Präparate. Es wird nach eventuell auftretenden Anastomosen im Bereich der Mediansagittalen gesucht.

3 Material und Methoden

Zum einen erfolgt die Bearbeitung der Fragestellung mit der Methode der Literaturrecherche. Es wird eine detaillierte Recherche in den Bibliotheken der Medizinischen Universität Graz und der Karl-Franzens-Universität in Graz durchgeführt. Auch wird das Internet herangezogen mit den Webseiten verschiedener Berufsverbände, medizinischer Datenbanken (z.B. Pubmed, Web of Science), wissenschaftlicher Zeitungen, Magazinen und Zeitschriften. Es wurden überwiegend Beiträge verwendet, die in deutscher oder englischer Sprache zugänglich waren.

Besondere Aufmerksamkeit galt eventuellen Anastomosen über die Mediansagittale.

Zum anderen wird eine radiologische Untersuchung anatomischer Präparate zum Nachweis von Anastomosen über die Mediansagittale durchgeführt.

3.1 Wahl der Präparate

Alle verwendeten Leichen waren Körperspenden von Menschen, die sich zu Lebzeiten für wissenschaftliche Zwecke gemäß den strikten Regeln und Auflagen des Körperspendenprogrammes des Lehrstuhles für makroskopische und klinische Anatomie Graz und der Gesetze Österreichs zur Verfügung gestellt haben.

Die Konservierung der Humanpräparate erfolgte mit der Methode nach Thiel. (34,35)

Die Grundlage der Identifikation der arteriellen Gefäßversorgung bei der Makro- und Mikropräparation wird durch eine vorher durchgeführte Gefäßinjektion nach Thiel gewährleistet. Neben einer guten Sichtbarkeit der arteriellen Gefäße hat diese Methode den Vorteil, dass auch der Gefäßdurchmesser beurteilt werden kann. Durch einen radioopaken Zusatz in der Injektionsmasse können die Gefäße auch bei der anschließenden röntgenologischen Untersuchung dargestellt werden. (36)

Es wurden speziell Präparate ausgesucht, welche erfolgreich gefäßinjiziert werden konnten. Bei der Auswahl der Präparate wurden das Geschlecht, das Alter, oder der Zahnstatus nicht berücksichtigt. Präparate, welche offensichtlich Tumore oder Voroperationen im Bereich des Mundbodens aufwiesen wurden im Vorhinein ausgeschlossen. Sechs der verwendeten Präparate waren bereits in der Mediansagittalen gespalten. Die Gesamtzahl der Präparate, welche den Anforderungen einer guten Gefäßdarstellung entsprachen, betrug 19.

Teilweise fand eine Vorpräparation in unterschiedlichem Ausmaß im Rahmen von verschiedenen Sezierskursen statt. Bei der Wahl der Präparate speziell auf eine intakte Gefäßversorgung im Bereich des Mundbodens geachtet.

3.2 Vorbereitung der Präparate

Aufgrund des unterschiedlichen Ausmaßes der Vorpräparation einzelner Präparate, konnte keine einheitliche Präparation stattfinden.

Alle 19 ausgesuchten Präparate wurden möglichst wie folgt präpariert und vorbereitet:

Nach einem Hautschnitt am unteren Rand des Unterkiefers folgte die Abpräparation der Haut, der Subkutis sowie des Platysmas. Die A. facialis wurde aufgesucht und im Bereich der Unterkante der Mandibula abgetrennt. Im weiteren Verlauf folgte die detaillierte Darstellung der Mundbodenmuskulatur mit Ansatz und Ursprung der Muskeln von der kaudalen Seite her. Unter möglichst maximaler Schonung der Gefäße und ihrer kleinen

Äste wurden nun die Muskelansätze von der Lingualfläche der Mandibula abpräpariert.

Die Gl. sublingualis wurde nach Möglichkeit geschont.

Nach Aufsuchen des Trigonum caroticum vor dem M. sternocleidomastoideus erfolgte die sorgfältige Freilegung der A. carotis und ihrer Äste, sie wurden jeweils unterhalb der A. thyroidea superior oder A. lingualis und unterhalb der A. maxillaris abgetrennt.

Unter Schonung der Gl. submandibularis erfolgte die Abtrennung des Venter posterior des M. digastricus und des M. styloideus im Trigonum submandibulare.

Das Hauptaugenmerk bei der Präparation wurde vor allem auf die arteriellen Versorgung des Mundbodens gelegt.

3.3 Röntgenologische Untersuchung

Alle 19 nach den oben genannten Kriterien ausgesuchten und vorbereiteten Präparate wurden im Anschluss mittels C-Bogen am anatomischen Institut in Graz röntgenologisch untersucht. Das Präparat wurde hierfür möglichst nahe an dem Röntgendetektor des C-Bogens positioniert, um eine möglichst gute Bildqualität bei adäquater Vergrößerung zu erreichen.

Eine von Artefakten freie Darstellung der Präparate gestaltete sich schwierig; anfangs erschienen die Röntgenbilder etwas unscharf. Dies wird verursacht durch den hohen Salzgehalt der Thiel'schen Lösung, welche bei der Konservierung verwendet wurde. Durch seine erhöhte Röntgenopazität verursacht das Salz Bildartefakte, welche bei größerer Schichtdicke des Präparates deutlich zunahmen.

Zur Reduktion der Bildartefakte wurde darauf geachtet, dass die Präparate möglichst eine geringe Schichtdicke aufwiesen. Dies konnte durch eine Entfernung von zusätzlichem Gewebe, wie vor allem des Unterhautfettgewebes erreicht werden. Um eine bessere Erkennbarkeit der zu untersuchenden Strukturen zu gewährleisten, wurden alle Bilder im Folgenden graphisch nachbearbeitet. Bei allen Röntgenbildern wurden Schärfe, Helligkeit und Kontrast manuell korrigiert.

Die so entstandenen Röntgenbilder werden im Folgenden besonders nach auftretenden Anastomosen im Bereich der Mediansagittalen untersucht.

Präparate welche in der Region des Mundbodens nicht zumindest auf einer Seite eine ausreichende Füllung der arteriellen Gefäße aufwiesen, wurden nicht in die Beurteilung einbezogen.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Auf den Röntgenbildern sind die injizierten Gefäße aufgrund des radioopaken Zusatzes deutlich erkennbar.

Insgesamt konnte bei 15 der 19 untersuchten Präparate der Verlauf der Arterien beurteilt werden, auch Arterien mit einem geringen Durchmesser waren recht gut zu erkennen. Die Präparate 3, 12, 15, 19 wurden aufgrund einer insuffizienten Gefäßinjektion mit einem Mangel oder einem Überschuss an Injektionsmasse aus der Bewertung ausgeschlossen. Die 15 beurteilten Präparate setzten sich aus zehn vollständigen Präparaten¹ und fünf bereits in der Mediansagittalen gespaltenen Präparaten² zusammen.

Das Präparat 11 konnte trotz des einseitigen Fehlens von Injektionsmasse beurteilt werden. Die Bilder der röntgenologischen Untersuchung sind im Anhang in Abbildung 17 bis 37 dargestellt. In den röntgenologischen Bildern wurden die Gefäße wie folgt gekennzeichnet:

ASL: A. sublingualis

AM: A. mentalis

AF: A. facialis

AL: A. lingualis

ACE: A. carotis externa

ACI: A. carotis interna

ACC: A. carotis communis

Es wurde das röntgenologische Auftreten von Anastomosen im Bereich des Apex linguae, Corpus linguae und der Radix linguae sowie der Regio sublingualis je im Bereich der Mediansagittalen beurteilt und in Tabelle 2 und Tabelle 3 sowie Abbildung 16 dargestellt.

In den radiologischen Bildern wurden die gefundenen Anastomosen mit einem Pfeil gekennzeichnet.

¹ Präparate mit den Nummern: 1,2,5,6,7,8,9,11,13,14

² Präparate mit den Nummern: 4,10,16,17,18

Vorkommen und Region der Anastomosen (<1mm)	Präparatnummer	Anzahl der Präparate mit Anastomosen (<1mm) bei n=10
Apex linguae	-	0
Corpus linguae	1, 5, 7, 11	4
Radix linguae	1, 2, 7, 8, 11	5
Regio sublingualis	1, 5, 7	3
Mundboden gesamt	1, 2, 5, 7, 8, 11	6

Tabelle 2: Darstellung der Ergebnisse der radiologischen Untersuchung der nicht in der Mediansagittalen gespaltenen Präparate

Vorkommen und Region der Anastomosen (<1mm)	Präparatnummer	Anzahl der Präparate mit Anastomosen (<1mm) bei n=5
Apex linguae	-	0
Corpus linguae	-	0
Radix linguae	16	1
Regio sublingualis	4, 16	2
Mundboden gesamt	4, 16	2

Tabelle 3: Darstellung der Ergebnisse der radiologischen Untersuchung der bereits in der Mediansagittalen gespaltenen Präparate

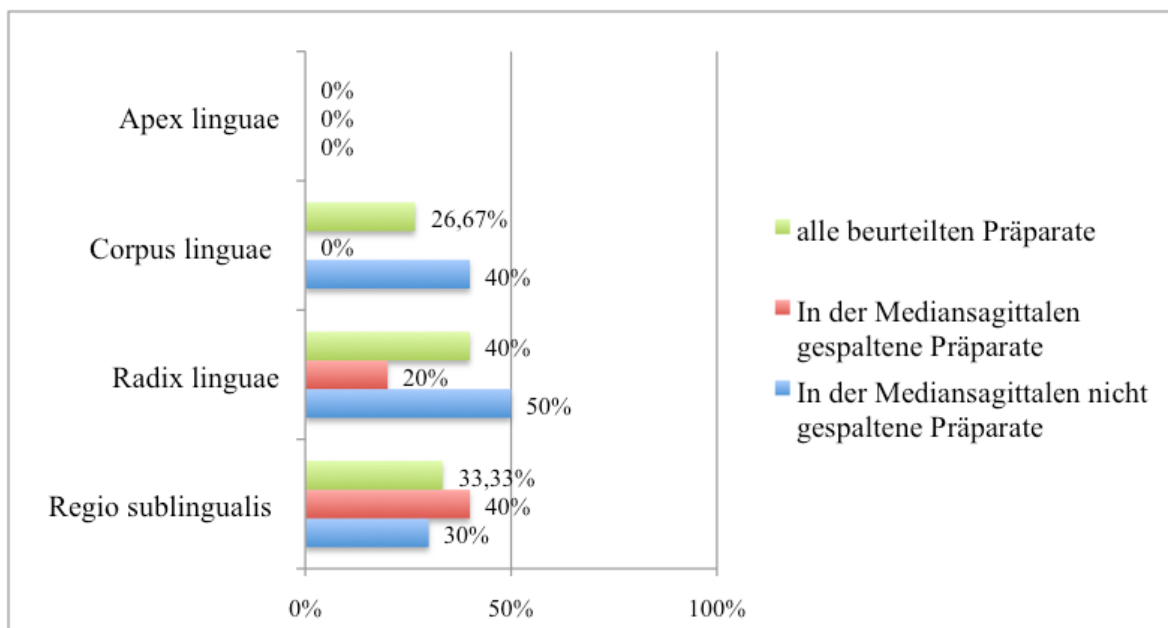


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Anastomosen (<1mm) in unterschiedlichen Regionen

Bei keinem der untersuchten Präparate konnten kaliberstarke Anastomosen (>1mm) im Bereich der Mediansagittalen gefunden werden.

Obwohl der Bereich in der Mediansagittalen bei den meisten Röntgenbildern relativ avaskulär erscheint, zeigten sich hier einige kaliberschwache Anastomosen. Ihr Gefäßdurchmesser lag sehr nahe an der Grenze der radiologischen Darstellbarkeit.

Insgesamt traten in acht der 15 beurteilten Präparate kaliberschwache Anastomosen (<1mm) im Bereich der Mediansagittalen auf, was einem Anteil von 53,33% entspricht.

In den zehn nicht in der Mediansagittalen gespaltenen Präparaten konnten in 60% (bei sechs Präparaten) kaliberschwache Anastomosen (<1mm) gefunden werden.

In den fünf bereits in der Mediansagittalen gespaltenen Präparaten wurden in 40% (bei 2 Präparaten) Anhaltspunkte für das Vorkommen von Anastomosen (<1mm) über die Mediansagittale gefunden.

Meist wiesen die A. submentalis und die A. sublingualis im direkten Vergleich der beiden Arterien eine ähnliche Kaliberstärke auf; auch im Seitenvergleich waren die Kaliberunterschiede relativ klein.

Auffällig in allen 15 Präparaten ist ein stark ausgeprägtes arterielles Netzwerk, vor allem im Bereich der Zunge.

Beim Präparat 11 konnte trotz eines einseitigen Injektionsfehlers ein Anfüllen der Gefäße auf der kontralateralen Seite beobachtet werden. Es ist deutlich sichtbar wie sich das Kapillarnetzwerk und kleinere Arteriolen mit Injektionsmasse gefüllt haben, obwohl ihr versorgendes Gefäß keine suffiziente Füllung aufweist.

5 Diskussion

Schon in anatomischen Lehrbüchern wird das Vorkommen von Anastomosen im Bereich der A. lingualis unterschiedlich beschrieben, welches sich auch in der Literatur wiederfinden ließ.

Mun et al 2016 beobachteten in ihrer histopathologischen Studie jeweils einen symmetrischen Verlauf der rechten und linken Lingualarterien.

Im Bereich der Zungenspitze lag die Arterie dabei besonders oberflächlich, in Richtung des Zungenrückens kam sie weiter in der Tiefe und lateral zu liegen. Bei den 18 Präparaten konnten keine Anastomosen zwischen der rechten und linken Seite der Lingualarterie gefunden werden. (37)

Housemann et al 2000 fanden bei radiologischen Untersuchungen der Zunge eine nahezu avaskuläre Mittellinie mit einer bestehenden, aber schlechten vaskulären Verknüpfung zwischen der rechten und der linken Seite der Zunge. (38)

Eine ähnliche Beobachtung wurde von Shangkuan et al 1997 gemacht, in der Regel waren alle Blutgefäße durch das Lingualseptum vollständig voneinander getrennt.

Allerdings wurden Anastomosen des submukösen arteriellen Netzwerkes im Bereich des Rückens und der Spitze der Zunge beschrieben. In Ausnahmefällen konnten Anastomosen mit der Gegenseite beobachtet werden. (14)

Lopez et al 2007 beschäftigten sich mit den Angiosomen (arterielle Verbindungen) der Zunge und stellten diese durch die Injektion von unterschiedlichen Farben dar.

Es gelang so die Existenz von Anastomosen zur kontralateralen Seite im Bereich der Zunge nachzuweisen. Im Bereich der Zungenspitze allerdings kam sie mit einer Häufigkeit von 6,7% relativ selten vor. Deutlich häufiger wurden Anastomosen der Rr. dorsales linguae im Bereich ca. 5 mm hinter dem Sulcus terminalis beobachtet. Hier war das Auftreten von kontralateralen Verbindungen häufig. (15)

In der Studie von O'Neill et al, 2016 an Humanpräparaten konnte demonstriert werden wie eine einseitig in die A. lingualis injizierte Masse auch im Bereich des Stammes und in dem Gebiet der A. lingualis der Gegenseite nachgewiesen werden konnte. (20)

Diese Beobachtung, dass es zu einer ausgeprägten Ausbildung eines Kollateralnetzwerkes im Bereich der Zunge kommen kann, konnte ich auch in der von mir durchgeführten radiologischen Untersuchung, wie z.B. beim Präparat 11, bestätigen. Es kam trotz des einseitigen Fehlens der Gefäßinjektion zu einem Anfüllen auf der Gegenseite. So kann im Bereich der Zunge durch die ausgeprägte Ausbildung eines dichten Kapillarnetzes vom Zustandekommen einer Kollateralzirkulation ausgegangen werden.

Das nicht bis sehr seltene Vorkommen kaliberstarker Anastomosen, sowie das nicht einheitliche Auftreten von kaliberschwachen Anastomosen über die Mediansagittale, wie in der Literatur beschrieben, konnte ich auch in der von mir durchgeführten radiologischen Untersuchung beobachten.

Diese variable Ausbildung eines Kollateralnetzwerkes im Bereich der Zunge wirft die Frage auf, ob es auch im Bereich der A. sublingualis zur Bildung eines Kollateralkreislaufes kommt.

Der üblicherweise in den meisten anatomischen Lehrbüchern beschriebene Typ der A. sublingualis, mit ihrem Ursprung aus der A. lingualis ohne anastomosierende Äste (bei der Einteilung nach Nakajima et al 2014 der Typ-L) wird in Studien mit einer unterschiedlichen Häufigkeit von 42% (10), 46% (11), 58,3% (27), 60,4% (24) und 63% (26) beschrieben.

Diese Werte wirken relativ niedrig, wenn man bedenkt, dass sie die Häufigkeit für einen „normalen“ Verlauf der Arterie darstellt, wie sie meist in anatomischen Lehrbüchern beschrieben wird.

Teilweise wird eine Variation beschrieben, bei der ein submentaler Ast der Arteria facialis den M. mylohyoideus durchdringt und diesen Bereich zusätzlich oder anstelle der A. sublingualis versorgt.

Bavitz et al 1994 untersuchten den relativen Beitrag der A. sublingualis an der Versorgung des Mundbodens im Vergleich zur A. submentalis.

Wenn die A. sublingualis klein, unbedeutend oder fehlend war, konnte meist ein großer perforierender Ast aus der Submentalarterie gefunden werden, welcher durch die Perforation des M. mylohyoideus in die Regio sublingualis gelangte. (13)

Die Häufigkeit für eine Perforation durch den M. mylohyoideus variiert in der Literatur von 26,0% (26), über 41,2% (27), 45,0% (11) und 53,62% (10) bis hin zu 59,7% (13).

Auch die Abwesenheit der A. sublingualis konnte mit einer unterschiedlichen Häufigkeit beobachtet werden, so fehlte die A. sublingualis in 27% (12), 29,4% (27), 31,4% (26), 36,6% (24), 45% (11) und 53% (13) der Fälle.

Diese hohen Schwankungen machen deutlich, dass die A. lingualis als Ursprung der A. sublingualis nicht immer als Hauptversorger des Mundbodens dargestellt werden kann. In einem nicht unerheblichen Anteil der Fälle war die A. facialis maßgeblich an seiner Versorgung beteiligt. Dies geschieht durch die Bildung einer Anastomose der A. sublingualis mit der A. submentalis im Bereich des M. mylohyoideus oder ihren vollständigen Ersatz.

Folglich kann davon ausgegangen werden, dass die A. submentalis und die A. sublingualis einer hohen Variabilität unterliegen und zu ähnlichen Anteilen an der arteriellen Blutversorgung des Mundbodens beteiligt sind. (10,13)

Auch die Ergebnisse aus anderen Studien haben gezeigt, dass es schwierig ist, festzustellen, ob es direkte Verbindungen im Bereich des Mundbodens zwischen der linken und der rechten linguale oder sublingualen Arterie gibt. Es konnten teilweise mögliche oder tatsächliche Verbindungen mit benachbarten arteriellen Systemen im Bereich des Mundbodens beobachtet werden. Gesamt konnte kein regelmäßiges Auftreten von Anastomosen beobachtet werden. Falls es zur Bildung von Anastomosen kam, geschah dies häufig im Bereich des Zungenrückens. Auch gestaltete sich der Nachweis von funktionellen Anastomosen schwierig. (14,15,38)

Zur vollständigen Beantwortung der Fragestellung, ob es sich bei der A. sublingualis um einen Endast oder einen Kreislauf handelt, ist nicht nur das Auftreten von röntgenologisch sichtbaren Anastomosen von Bedeutung, sondern auch das Vorkommen von funktionellen Anastomosen maßgeblich.

Die Stärken der durchgeführten Untersuchung sind, dass gezeigt werden konnte, wie sich die Gefäße nach einer Gefäßinjektion röntgenologisch darstellen lassen.

Es konnte ein Anhaltspunkt dafür gefunden werden, dass sich bei einer einseitigen Gefäßinjektion am Humanpräparat auch die Gefäße der Gegenseite mit anfüllen können. Zudem konnte in der röntgenologischen Untersuchung das Auftreten von zarten Anastomosen (<1mm) im Bereich des Corpus linguae, der Radix linguae sowie der Regio sublingualis dargestellt werden.

Die Schwächen einer Untersuchung am Humanpräparat liegen darin, dass es nicht möglich ist, das Vorliegen von funktionellen Anastomosen nachzuweisen. Beim Lebenden treten

bedingt durch den unterschiedlichen Gefäßtonus, die abweichende Viskosität von Blut im Vergleich zu Injektionsmasse sowie einen physiologisch schwankenden Blutdruck andere Strömungsmuster auf. Auch können trotz einer möglichst schonenden Präparation gerade kleine Gefäßverbindungen bei der Vorbereitung der Präparate zerstört werden.

Im Bezug auf die röntgenologische Untersuchung muss angedeutet werden, dass bei der Verwendung des C-Bogens nur eine zweidimensionale Bildgebung möglich ist. Es kann so nicht exakt zugeordnet werden, ob eine Anastomose zweier Gefäße vorliegt oder ob sich diese im Röntgenbild nur überlagern.

Im Vergleich der makroskopischen Ansicht des Präparates 1 in Abbildung 17 und Abbildung 18 der radiologischen Untersuchung des selbigen in wird deutlich, dass sich kaliberschwache Anastomosen (<1mm) sehr nahe an der Grenze der radiologischen Darstellbarkeit befinden. Die zweidimensionale radiologische Untersuchung am Humanpräparat ist somit für den Nachweis kaliberschwacher Anastomosen deutlich limitiert.

Auch sollte beachtet werden, dass der Blutfluss bei einem geringeren Gefäßdurchmesser bei gleichem Druck deutlich abnimmt und somit sind kaliberschwache Anastomosen (<1mm) für die Ausbildung einer Kollateralzirkulation von geringerer Bedeutung.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Der Zweck dieser Diplomarbeit war es, den anatomischen Aufbau und die Gefäßversorgung in der Mundbodenregion detailliert darzustellen. Es sollte in der Literatur, sowie mithilfe einer röntgenologischen Untersuchung nach Anastomosen über die Mediansagittale gesucht werden, welche auf das Vorliegen eines Kollateralkreislaufes hindeuten könnten.

Auffällig in der Literatur war vor allem, dass durch die sehr hohe Anzahl an verschiedenen Verbindungswegen, bedingt durch die Skelett-und Muskelanordnung in der Mundbodenregion, es nicht zur Bildung eines einheitlichen Gefäß-Nervenstranges kommt. Die Gefäßversorgung variiert folglich bei jedem Menschen individuell.

Die gesamte arterielle Versorgung der Mundbodenregion wird von der A. lingualis und der A. facialis gewährleistet, welche bei ihrem Abgang aus der A. carotis communis zu ca. 7,5%-31% (7) einen gemeinsamen Stamm, den Truncus linguofacialis, bilden können. Die A. facialis versorgt im Bereich des Mundbodens vor allem die submandibuläre Region, wobei ihr Ast die A. submentalis teilweise einen ausgeprägten Kollateralkreislauf mit der A. mentalis aufweist. Auch wird in der Literatur eine Anastomose der A. submentalis nach Perforation des M. mylohyoideus in 26,0%-59,7% (10,11,13,26,27) der Fälle mit der A. sublingualis beschrieben, durch welche die A. sublingualis sogar ersetzt werden kann.

Die A. lingualis ist der Hauptversorger der Zunge, mit ihrem R. doralis linguae speist sie die Radix linguae und ihr Endast die A. profunda linguae versorgt den Corpus linguae bis zum Apex linguae. Anastomosen der A. lingualis mit der kontralateralen Seite werden in der Literatur zwar beschrieben, ihr Auftreten ist in der Literatur jedoch sehr unterschiedlich angegeben. Bei einem Vorhandensein ist ihr Durchmesser eher gering. Vor allem im Bereich der Zunge kommt es durch ein ausgeprägtes arterielles Netzwerk zu einer Ausbildung eines Kollateralkreislaufes mit der kontralateralen Seite.

Die A. sublingualis ist ein Ast der A. lingualis mit teils sehr wechselnder Stärke, welcher die sublinguale Region versorgt.

In der Literatur konnte bei Untersuchungen in 27%-53% (11–13,24,26,27) der Fälle keine A. sublingualis gefunden werden, ihr Ersatz fand dann durch die A. submentalis, einem Ast der A. facialis statt.

Der beobachtete Verlauf der A. sublingualis variierte teilweise sehr stark, von Nakajima et al 2014 (10) konnten insgesamt zehn unterschiedliche Verlaufsvarianten nachgewiesen

werden. Am häufigsten kam mit 42% das wie in den meisten Lehrbüchern beschriebene Entspringen der A. sublingualis aus der A. lingualis vor. In 40% der Fälle entsprang die A. sublingualis allein aus der A. facialis.

Diese hohe Schwankungsbreite macht deutlich, dass die A. lingualis als Ursprung der A. sublingualis nicht immer als Hauptversorger des Mundbodens angesehen werden kann.

In der Literatur variiert die Häufigkeit für eine Perforation des M. mylohyoideus von 26,0% bis zu 59,7% (10,11,13,26,27).

Die arterielle Versorgung des Mundbodens weist trotz der Vielzahl an Varianten der Gefäßversorgung in 72,5% (24) bzw. 70,6% (27) eine Symmetrie zwischen rechter und linker Seite auf.

Die hohe Variabilität der Gefäßverläufe im Mundbodenbereich erschwert das Vorgehen bei chirurgischen Eingriffen. Durch arterielle Blutungen auftretende Komplikationen stellen ein ernstzunehmendes Risiko dar und machen eine sofortige interdisziplinäre Therapie erforderlich.

In der röntgenologischen Untersuchung ließ sich das Auftreten von kaliberschwachen Anastomosen (<1mm) der Arterien des Mundbodens im Bereich des Corpus linguae in 27,67%, der Radix linguae in 40% sowie der Regio sublingualis in 33,33% nachweisen. Insgesamt traten bei acht von 15 (53,33%) der beurteilten Präparate kaliberschwache Anastomosen (<1mm) im Bereich der Mediansagittalen auf.

Kaliberstarke Anastomosen (>1mm) konnten nicht gefunden werden.

Allerdings lagen die beobachteten Gefäßdurchmesser dabei sehr nahe an der Grenze der radiologischen Darstellbarkeit.

Übereinstimmend mit der Literatur wurde kein regelmäßiges Auftreten von Anastomosen über die Mediansagittale gefunden.

Auffällig in der Literatur und in der radiologischen Untersuchung war vor allem die hohe Variabilität der vaskulären Versorgung des Mundbodens.

Die A. sublingualis kann auf diese Weise sowohl einen Endast der Arterie darstellen, als auch durch funktionelle Anastomosen ein Kollateralnetzwerk ausbilden. Um diese Frage abschließend beantworten zu können sind weitere Untersuchungen nötig, zumal es bei einer Untersuchung an Humanpräparaten nicht möglich ist, das Vorliegen von funktionellen Anastomosen exakt zu beurteilen.

Durch das variable Auftreten von funktionellen Anastomosen in der arteriellen Versorgung im Bereich des Mundbodens kann das Zustandekommen eines Kollateralkreislaufes über die Mediansagittale allerdings auch nicht ausgeschlossen werden.

7 Literaturverzeichnis

1. Anderhuber F, Pera F, Streicher J. *Waldeyer – Anatomie des Menschen*. 19th ed. Berlin: de Gruyter; 2012. 763f,863.
2. Bommas U, Teuber P, Voß R. *Anatomie und Embryologie*. In Georg Thieme Verlag; 2005. p. 61.
3. Hafferl A, Walter T. *Lehrbuch der Topographischen Anatomie*. Heidelberg: Springer Verlag; 1969.
4. Wachsmuth W, Lanz T. *Praktische Anatomie - Band 1/ Teil 2 - Hals*. Heidelberg: Springer Verlag; 2004.
5. Kühnel W, Fritsch H. *Taschenatlas Anatomie-Band 2-Innere Organe*. 11th ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013.
6. Lanz T, Wachsmuth W. *Praktische Anatomie - Band 1a - Übergeordnete Systeme*. Heidelberg: Springer Verlag; 2004. 457f,470,530-533,549,550.
7. Mata JR, Mata FR, Souza MCR, Nishijo H, Ferreira TAA. Arrangement and prevalence of branches in the external carotid artery in humans. *Ital J Anat Embryol*. 2012;117(2):65–74.
8. Cvetko E. Thyrolinguofacial trunk arising from the carotid bifurcation determined by cadaver dissection. *Anat Sci Int [Internet]*. 2014 Sep 5 [cited 2018 Mar 7];89(4):246–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24307453>
9. Lang J, Preis KH. A. palatina ascendens, origin, course and twigs . *HNO [Internet]*. 1981 Dec [cited 2018 Mar 6];29(12):391–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7319840>
10. Nakajima K, Tagaya A, Otonari-Yamamoto M, Seki K, Araki K, Sano T, et al. Composition of the blood supply in the sublingual and submandibular spaces and its relationship to the lateral lingual foramen of the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol [Internet]*. 2014 Jan [cited 2018 Mar 13];117(1):e32–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22939324>
11. Fujita S, Ide Y, Abe S. Variations of vascular distribution in the mandibular anterior lingual region: A high risk of vascular injury during implant surgery. *Implant Dent*. 2012;21(4):259–64.
12. Loukas M, Kinsella CR, Kapos T, Tubbs RS, Ramachandra S. Anatomical variation in arterial supply of the mandible with special regard to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2008;37(4):367–71.
13. Bavitz JB, Harn SD, Homze EJ. Arterial supply to the floor of the mouth and lingual gingiva. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol [Internet]*. 1994 Mar [cited 2018 Mar 7];77(3):232–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8170652>

14. Shangkuan H, Xinghai W, Zengxing W, Shizhen Z, Shiyong J, Yishi C. Anatomic bases of tongue flaps. *Surg Radiol Anat* [Internet]. 1998;20(2):83–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9658524>
15. Lopez R, Lauwers F, Paoli JR, Boutault F, Guitard J. Vascular territories of the tongue: Anatomical study and clinical applications. *Surg Radiol Anat*. 2007;29(3):239–44.
16. Henle J. *Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen in drei Bänden*. Braunschweig; 1873.
17. Sappey C. *Traité d’anatomie descriptive*. Paris; 1876. 580 p.
18. Rauber, Kopsch. *Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen*. Band 2. Leipzig: Thieme; 1941. 404 p.
19. Standring S. *Grey’s Anatomy*. 41st ed. London: Elsevier; 2016. 505f, 513 p.
20. O’Neill J, Shaw-Dunn J, Robertson S, Rea P. Arterial Anastomosis in the Tongue. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2016;74(5):1084–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2015.12.011>
21. Hamparian AM. Blood supply of the human fetal mandible. *Am J Anat* [Internet]. 1973 Jan [cited 2018 Mar 24];136(1):67–75. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4682141>
22. Iwanaga J, Watanabe K, Saga T, Tabira Y, Hirasaki E, Fisahn C, et al. Radiological and Microsurgical Anatomy for Variation of the Mandible: Comparative Study of Human and *Macaca fascicularis*. *Anat Rec (Hoboken)* [Internet]. 2017 Aug [cited 2018 Mar 25];300(8):1464–71. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ar.23586>
23. Gakonyo J, Butt F, Mwachaka P, Wagaiyu E. Arterial blood supply variation in the anterior midline mandible: Significance to dental implantology. *Int J Implant Dent* [Internet]. 2015 Dec 30 [cited 2017 Nov 29];1(1):24. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27747646>
24. Seki S, Sumida K, Yamashita K, Baba O, Kitamura S. Gross anatomical classification of the courses of the human lingual artery. *Surg Radiol Anat* [Internet]. 2017;39(2):195–203. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12565-015-0278-x>
25. Kim DH, Kim MY, Kim C-H. Distribution of the lingual foramina in mandibular cortical bone in Koreans. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2013;39(6):263–8. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3912783&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
26. Katsumi Y, Tanaka R, Hayashi T, Koga T, Takagi R, Ohshima H. Variation in

- arterial supply to the floor of the mouth and assessment of relative hemorrhage risk in implant surgery. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2013 Apr [cited 2018 Mar 13];24(4):434–40. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22092873>
27. Hofschneider U, Tepper G, Gahleitner a, Ulm C. Assessment of the blood supply to the mental region for reduction of bleeding complications during implant surgery in the interforaminal region. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1999;14(3):379–83.
 28. Dauber W. *Feneis's Bild-Lexikon der Anatomie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2008. 236 p.
 29. Oktober FBZB, Blutungen O, Blutungen D, Schwellung D. Lebensbedrohliche Blutungen bei der Insertion von Implantaten. Bayerische Landes Zahnärztekammer. 2007;Oktober:45–7.
 30. Rare LHA, Costa E, Estibeiro H, Magalhães M. Lingual Hematoma : A Rare Cause of Upper Airway Obstruction. 2015;6(March):41–4.
 31. Homze EJ, Harn SD, Bavitz BJ. Extraoral ligation of the lingual artery. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* [Internet]. 1997 Mar [cited 2018 Mar 8];83(3):321–4. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1079210497902365>
 32. Samandari F, Reißig D. Funktionelle Anatomie der Hirnnerven und des vegetativen Nervensystemes für Mediziner und Zahnmediziner. In: 2. Auflage. New York: de Gruyter; 1994. p. 40–3.
 33. Forster M, Kahle W. Taschenatlas Anatomie-Band 3-Vegetatives Nervensystem. In Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013.
 34. Thiel W. The preservation of the whole corpse with natural color. *Ann Anat* [Internet]. 1992 Jun [cited 2018 Mar 27];174(3):185–95. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1503236>
 35. Thiel W. Supplement to the conservation of an entire cadaver according to W. Thiel. *Ann Anat* [Internet]. 2002 May [cited 2018 Mar 27];184(3):267–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12061344>
 36. Thiel W. An arterial substance for subsequent injection during the preservation of the whole corpse. *Ann Anat* [Internet]. 1992 Jun [cited 2018 Mar 27];174(3):197–200. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1503237>
 37. Mun MJ, Lee CH, Lee BJ, Lee JC, Jang JY, Jung SH, et al. Histopathologic evaluations of the lingual artery in healthy tongue of adult cadaver. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2016;9(3):257–62.
 38. Houseman ND, Taylor GI, Pan WR. The angiosomes of the head and neck: anatomic study and clinical applications. *Plast Reconstr Surg* [Internet]. 2000 Jun [cited 2018 Mar 13];105(7):2287–313.

8 Anhang

8.1 Bilder der untersuchten Präparate ¹



Abbildung 17: Präparat 1 der röntgenologischen Untersuchung

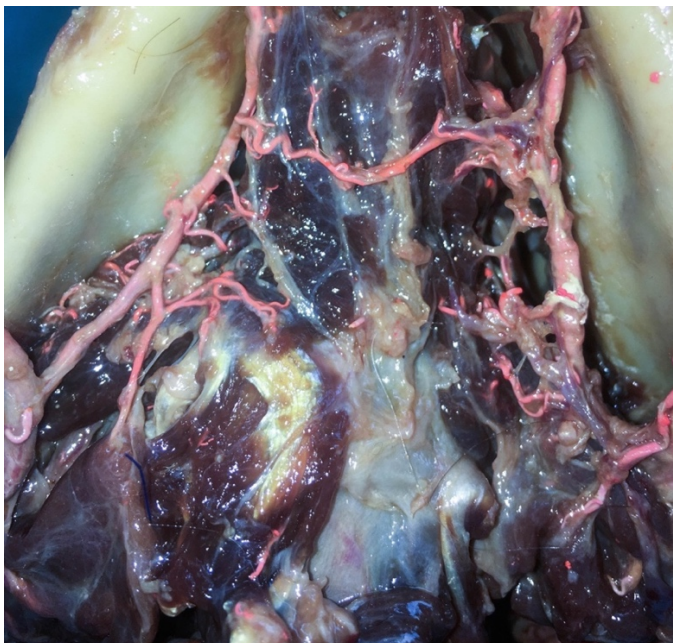


Abbildung 18: Präparat 1 in der makroskopischen Ansicht von caudal unter Freilegung des *M.mylohyoideus* (mittig) und lateral jeweils der Mandibula.(rechts+links)

¹ Beschriftung der Bilder siehe Kapitel 4.1



Abbildung 19: Präparat 2 der röntgenologischen Untersuchung

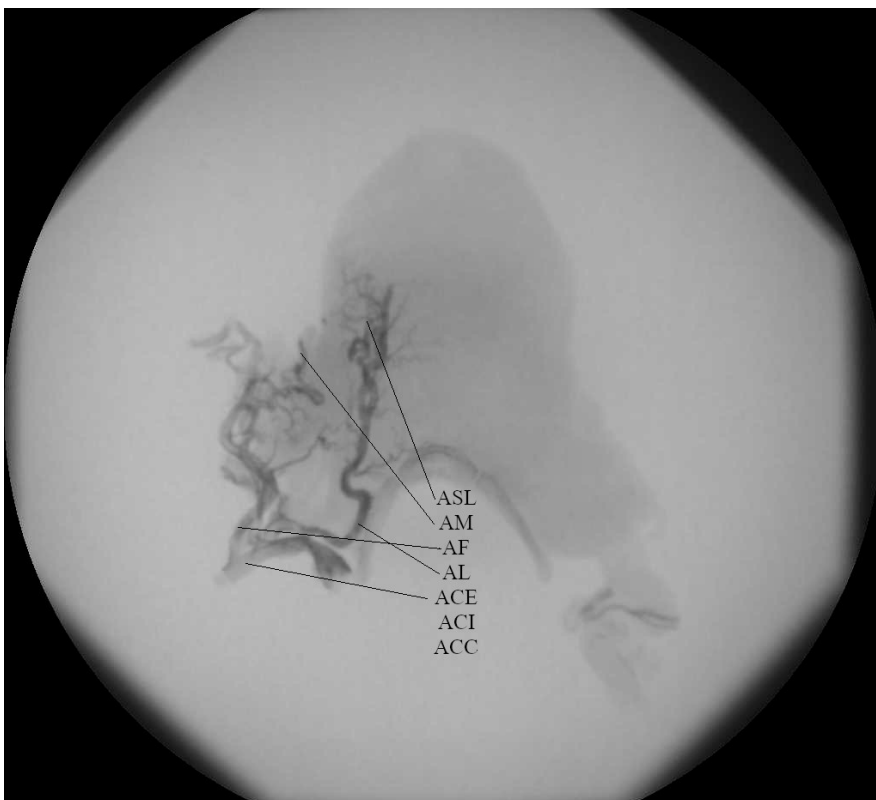


Abbildung 20: Präparat 3 der röntgenologischen Untersuchung

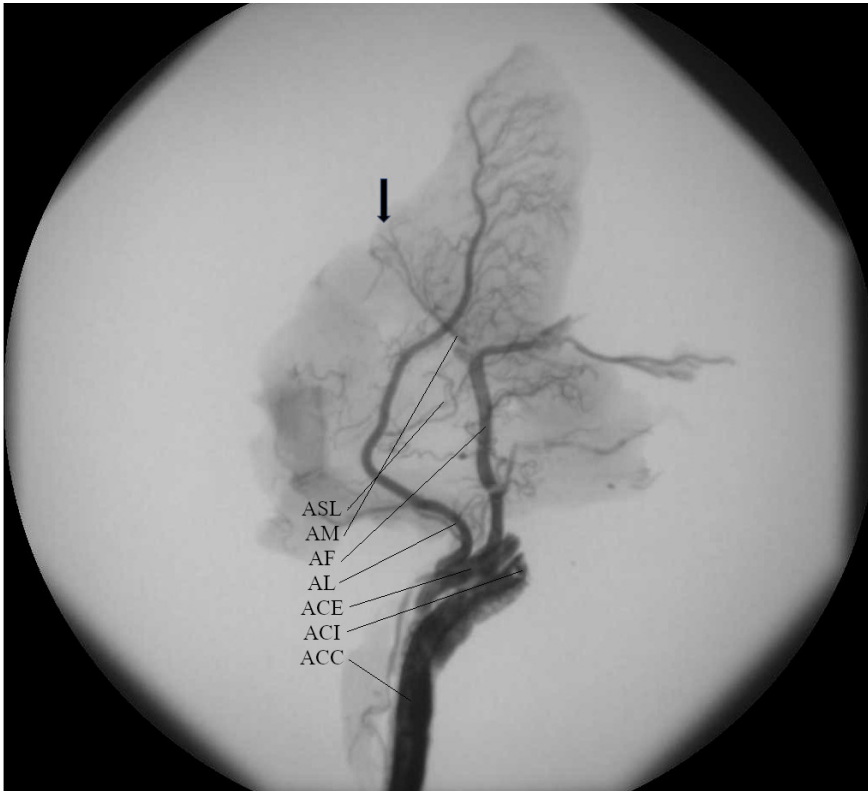


Abbildung 21: Präparat 4 der röntgenologischen Untersuchung

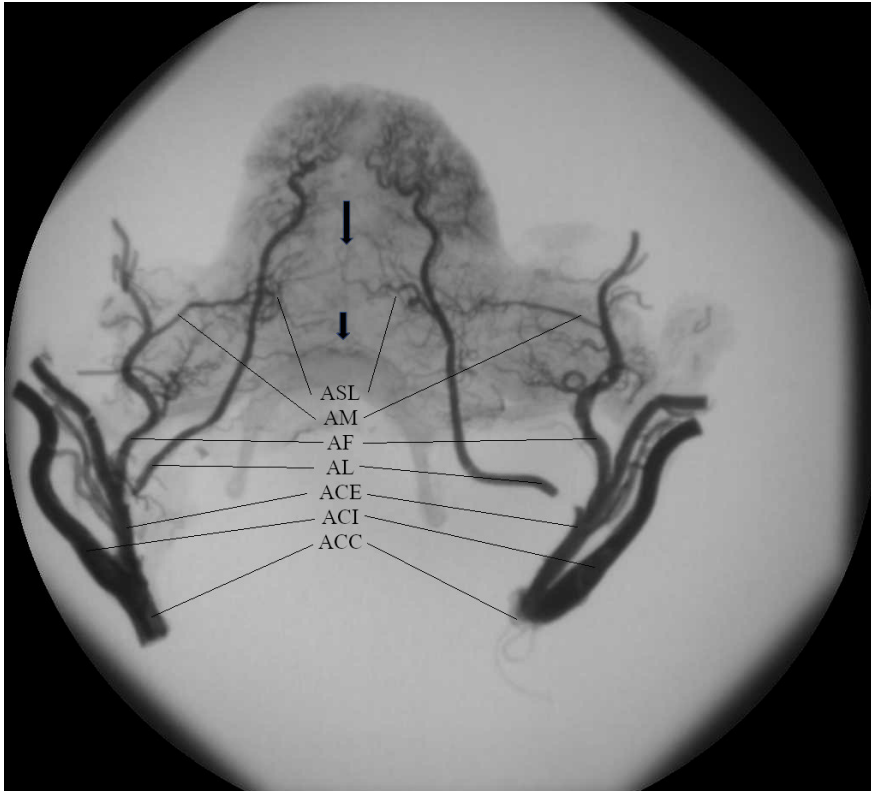


Abbildung 22: Präparat 5 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 23: Präparat 6 der röntgenologischen Untersuchung

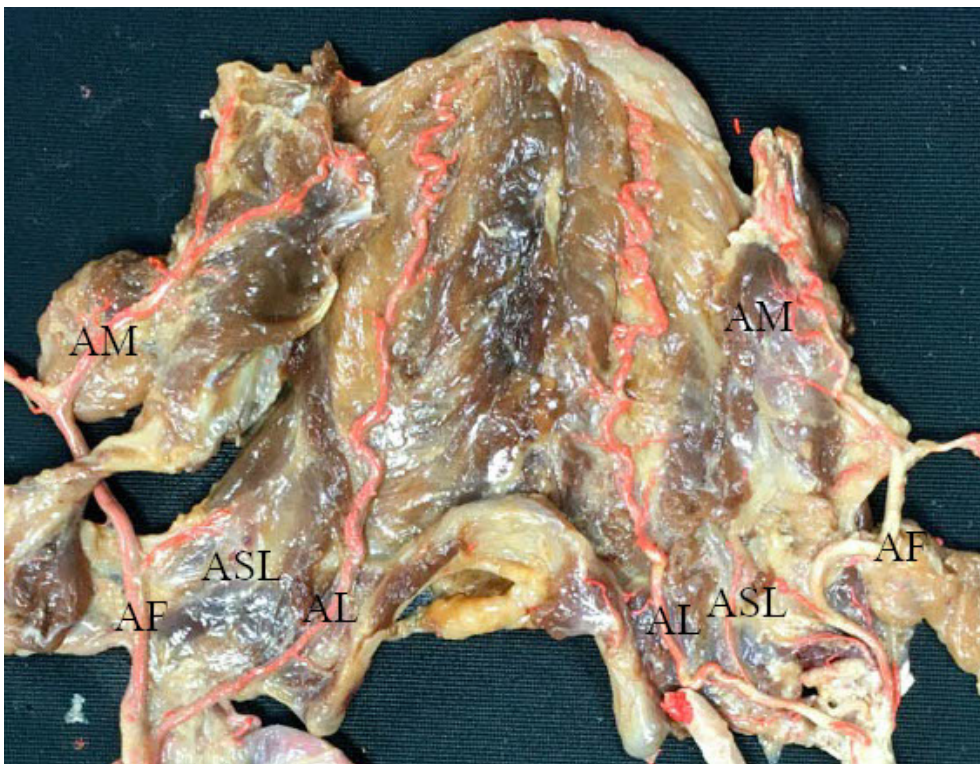


Abbildung 24: Präparat 6 in der makroskopischen Ansicht von cranial

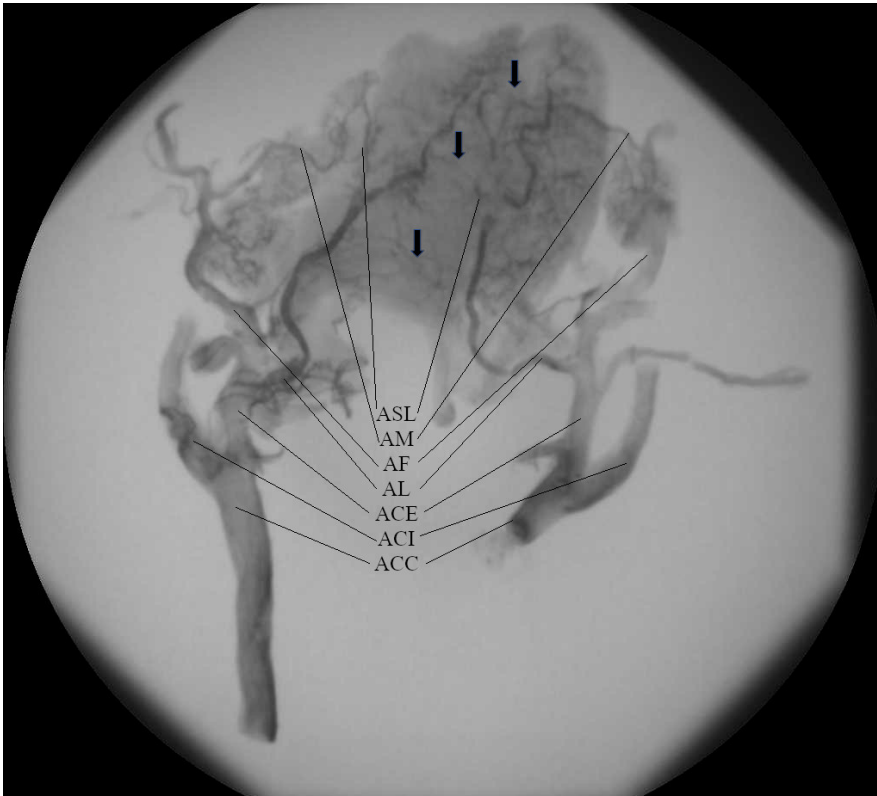


Abbildung 25: Präparat 7 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 26: Präparat 8 der röntgenologischen Untersuchung

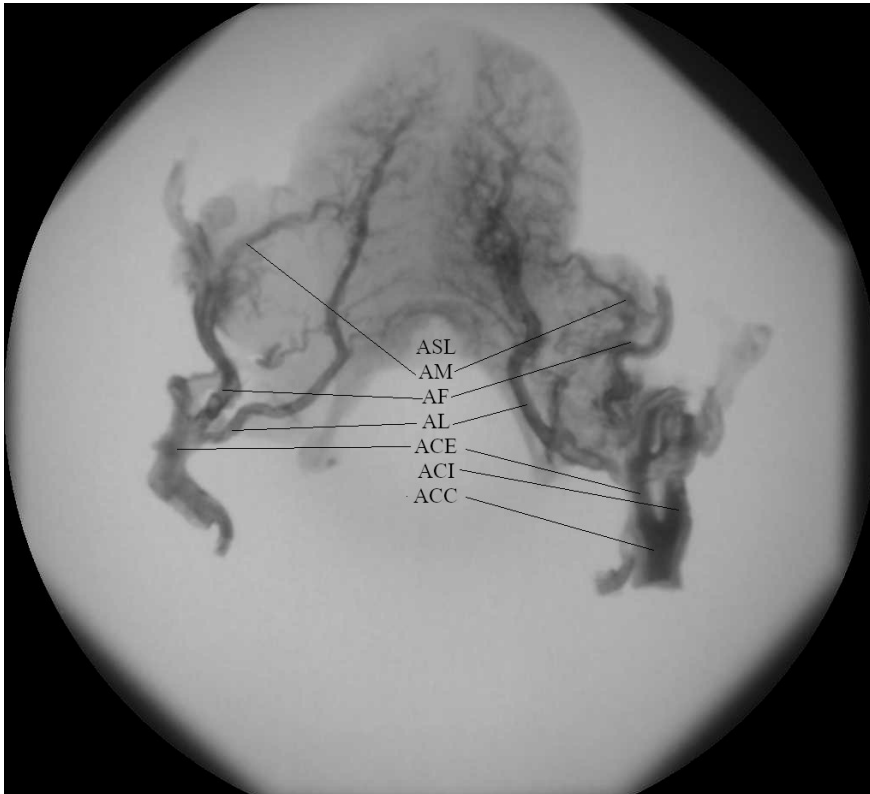


Abbildung 27: Präparat 9 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 28: Präparat 10 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 29: Präparat 11 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 30: Präparat 12 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 31: Präparat 13 der röntgenologischen Untersuchung

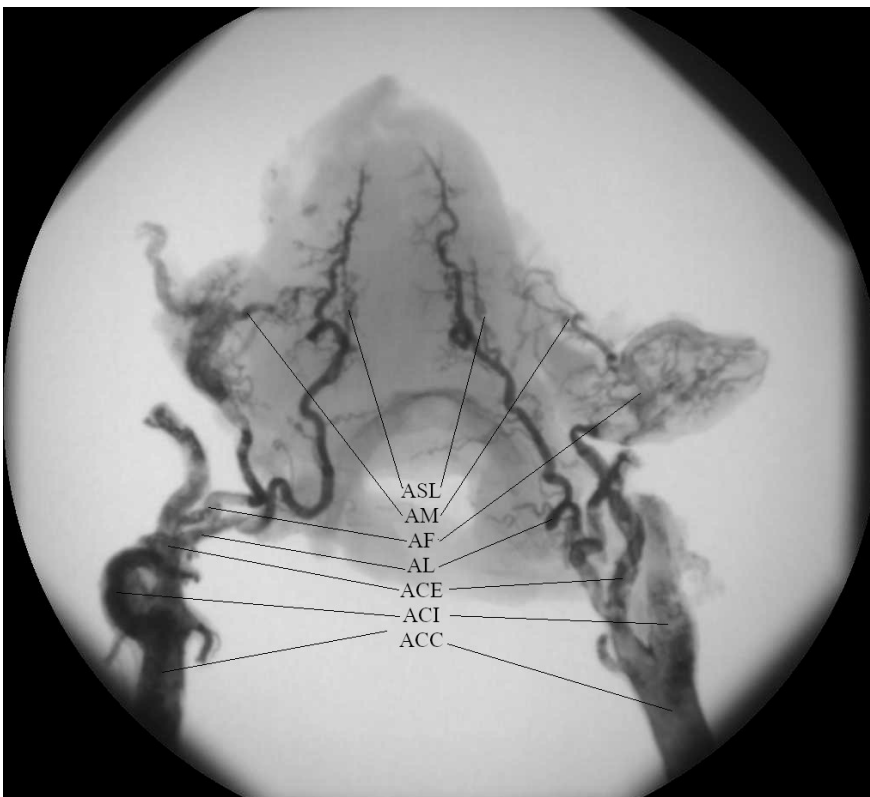


Abbildung 32: Präparat 14 der röntgenologischen Untersuchung

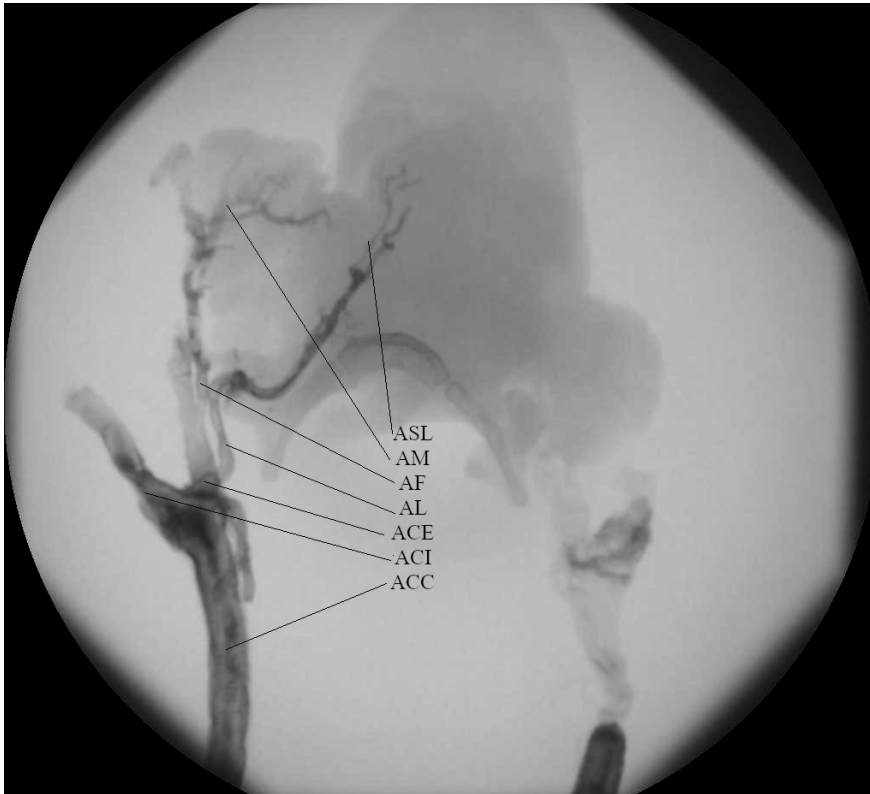


Abbildung 33: Präparat 15 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 34: Präparat 16 der röntgenologischen Untersuchung

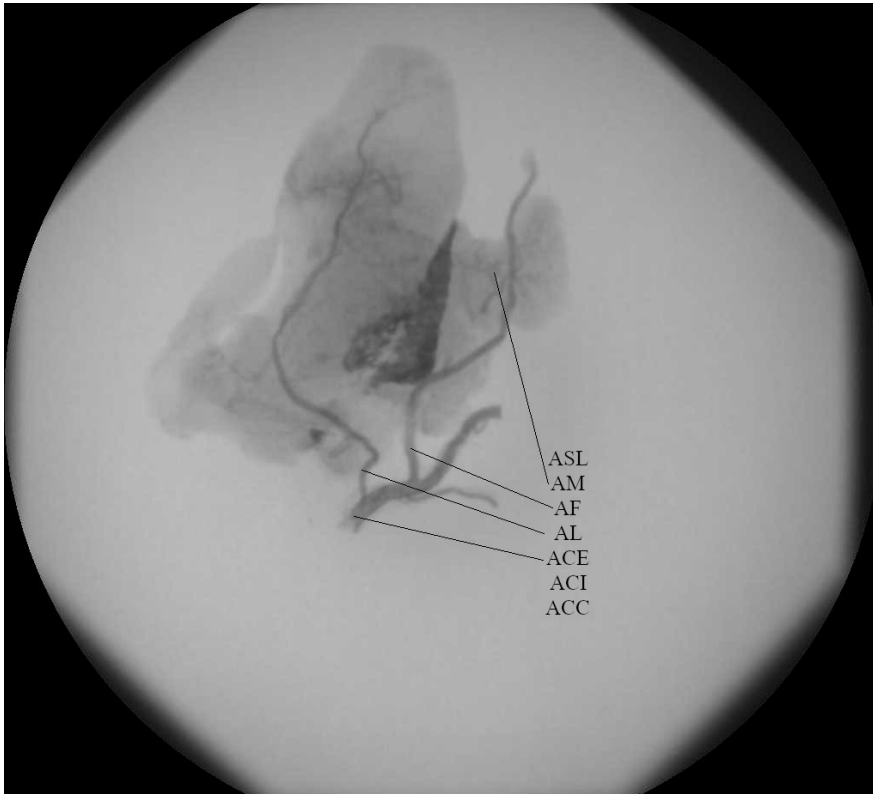


Abbildung 35: Präparat 17 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 36: Präparat 18 der röntgenologischen Untersuchung



Abbildung 37: Präparat 19 der röntgenologischen Untersuchung