

**Diplomarbeit**

**Die vaskuläre Versorgung des Oberkiefers  
im Hinblick auf die Le Fort I Osteotomie**

eingereicht von

**Bruneder Simon**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt am

**Institut für Anatomie**

**Klinische Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie**

unter der Anleitung von

Univ.-Ass. Priv.-Doz. Dr.med.dent Dr.med.univ. Wolfgang Zemann

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

Graz, 09.06.2015

*Eidesstattliche Erklärung*

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

*Graz, am 09.06.2015*

*Simon Josef Bruneder, eh*

## **Danksagungen**

Ein besonderer Dank gilt meinen beiden Betreuern Univ.-Ass. Priv.-Doz. DDr. Wolfgang Zemann und Ao.Univ.-Prof. Dr. Andreas Weiglein für die hervorragende Betreuung bei meiner Diplomarbeit.

Aufrichtig möchte ich mich bei Univ.-Ass. Priv.-Doz. DDr. Wolfgang Zemann für die gewissenhaften Rückmeldungen zu meiner Arbeit sowie die Hinführung zum Thema und dem wissenschaftlichen Arbeiten bedanken.

Für die guten Ratschläge, die hilfreichen Hinweise sowie die unterstützenden Worte möchte ich mich recht herzlich bei Ao.Univ.-Prof. Dr. Andreas Weiglein bedanken.

Zu Dank verpflichtet bin auch Sebastian Demuth für die Unterstützung beim Fotografieren und die hilfreichen Hinweise zur Textverarbeitung.

## **Abbildungsverzeichnis**

**ABBILDUNG 1** Präparat aus der Sammlung des Instituts für Anatomie Graz, mit freundlicher Genehmigung des Institutes, Foto Sebastian Demuth

**ABBILDUNG 2** Präparat aus der Sammlung des Instituts für Anatomie Graz, mit freundlicher Genehmigung des Institutes, Foto Sebastian Demuth

**ABBILDUNG 3** A. carotis externa mit ihren Äste, aus Sobotta J, Paulsen F. Kopf, Hals und Neuroanatomie. Atlas der Anatomie des Menschen. 23. Aufl. ed2010

**ABBILDUNG 4** A. maxillaris mit ihren Ästen, aus Sobotta J, Paulsen F. Kopf, Hals und Neuroanatomie. Atlas der Anatomie des Menschen. 23. Aufl. ed2010

**ABBILDUNG 5** Mundhöhle mit Gaumen, aus Sobotta J, Paulsen F. Kopf, Hals und Neuroanatomie. Atlas der Anatomie des Menschen. 23. Aufl. ed2010

**ABBILDUNG 6** Angle Klassifikation, modifiziert nach Lexikon Zahnmedizin, Zahntechnik: Mit 70 Tabellen. 2000. p. VIII, 888 S.

**ABBILDUNG 7** Kaiser Ferdinand der I.; Angle Klasse III; Sammlung Leopold Wilhelm; aus:  
[www.wikipedia.org/wiki/Ferdinand\\_I.\\_%28HRR%29#/media/File:Hans\\_Maler\\_002.jpg](http://www.wikipedia.org/wiki/Ferdinand_I._%28HRR%29#/media/File:Hans_Maler_002.jpg)  
abgerufen am 31.05.2015

**ABBILDUNG 8** Die Le Fort Frakturen, Zeichnung Simon Bruneder

**ABBILDUNG 9** Messschieber Atorn CI 902061 (Hahn+Kolb Werkzeug GmbH), mit eingespannter Nadel, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 10** anatomisches Präparat „Häufigster Versorgungstyp“, Foto Sebastian Demuth

**ABBILDUNG 11** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 12** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 13** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 14** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 15** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 16** Graphik, Herkunft der A. palatina asc. (Diplomarbeit)

**ABBILDUNG 17** Herkunft der A. palatina asc, modifiziert nach Lippert H, Papst R. Arterial variations in man: classification and frequency. München: Bergmann; 1985. 121 S. p.

**ABBILDUNG 18** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 19** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 20** anatomisches Präparat, Foto Simon Bruneder

**ABBILDUNG 21** Graphik, Herkunft der A. pharyngea asc. (Diplomarbeit)

**ABBILDUNG 22** Herkunft der A. pharyngea asc, modifiziert nach Lippert H, Papst R. Arterial variations in man: classification and frequency. München: Bergmann; 1985. 121 S. p.

**ABBILDUNG 23** Zeichnung, Simon Bruneder

**ABBILDUNG 24** Detailaufnahme anatomisches Präparat aus Abbildung 19 und graphische Darstellung derselben Situation, Zeichnung Simon Bruneder

**ABBILDUNG 25** Zeichnung, Simon Bruneder; modifiziert nach: Dauber W, Feneis H, Feneis H. Pocket atlas of human anatomy, 5th rev. ed. Stuttgart ; New York: Thieme; 2007. 545 p. p.

## **Abkürzungsverzeichnis**

Anatomische Abkürzungen:

<b>A.</b>	Arteria
<b>Aa.</b>	Arteriae
<b>Gl.</b>	Glandula
<b>M.</b>	Musculus
<b>Mm.</b>	Musculi
<b>N.</b>	Nervus
<b>Nn.</b>	Nervi
<b>R.</b>	Ramus
<b>Rr.</b>	Rami

# **Zusammenfassung**

## **Zielsetzung**

Ziel dieser Arbeit ist es eine Aussage über mögliche arterielle Gefäßvariationen in der Versorgung des Oberkiefers und im speziellen des Le Fort I Osteotomie Segmentes zu treffen.

Die Le Fort I Osteotomie zählt zu den häufigsten und etabliertesten Eingriffen in der orthognathen Chirurgie. Die Indikationen, die Technik sowie das Komplikationsprofil der Le Fort I Osteotomie sollen in dieser Arbeit genau betrachtet werden. Eine seltene aber schwerwiegende Komplikation dieser Operation ist die ischämische Knochennekrose des Le Fort I Osteotomie Segmentes.

Im praktischen Teil dieser Arbeit sollen anhand einer anatomischen Studie die für das Le Fort I Osteotomie Segment wichtigen Arterien sowie mögliche arterielle Variationen untersucht werden.

## **Methoden**

Dreißig Präparate wurden mittels makroskopischer Seziertechnik unter teilweiser Zuhilfenahme einer Lupenvergrößerung präpariert. Die für das Le Fort I Osteotomie Segment relevanten Gefäße am weichen Gaumen wurden genau analysiert.

Bei den mit Thiel'scher Konservierungslösung fixierten Präparaten waren die Arterien mit einer Gummi-Latex Lösung injiziert.

Zur einwandfreien Identifizierung der relevanten Gefäße musste auch der Gefäßursprung im Trigonum caroticum untersucht werden.

## **Ergebnisse**

Bei der am häufigsten vorgefundenen Gefäßkonstellation (27 von 30 Präparate) erreichen sowohl die A. palatina ascendens als auch Äste der A. pharyngea ascendens den Gaumen und speisen die knöcherne Gaumenplatte (entspricht in etwa dem Le Fort I Osteotomie Segment). Bei einer in drei Fällen vorgefundenen Gefäßkonstellation wird die A. palatina ascendens durch den vorderen Ast der A. pharyngea ascendens ersetzt. Mögliche Auswirkungen der unterschiedlichen Anatomie und im speziellen einer zusätzlich

bestehenden Gefäßschlinge auf die Vaskularisation des Le Fort I Segment müssen weiter untersucht werden.

Einige in der anatomischen Literatur beschriebene variable Ursprünge der A. palatina ascendens und der A. pharyngea ascendens wurden in dieser Arbeit beobachtet.

## **Abstract**

### **Objectives**

The aim of this diploma thesis is an evaluation of possible variations in the vascular supply of the maxilla and specially of the Le Fort I osteotomy segment.

Le Fort I osteotomie is one of the most frequent and approved techniques in orthognathic surgery. This thesis provides an overview of Le Fort I osteotomie indications, techniques and complications.

A rarely reported, but serious postoperative compliction is ischemic bone necrosis of the Le Fort I Segment.

The practical part considers important arteries oft he Le Fort I segment and their possible variations.

### **Methods**

Thirty specimens were dissected with macroscopic anatomical dissection techniques.

An analysis of important arteries of the Le Fort I Segment at the level of the soft palate was done.

All specimens were conservated with Thiel's fixation solution and arteries were injected with a bright red latex solution.

For proper identification of the palate's supplying arteries these vessels origins were dissected at the level of carotid triangle.

## **Results**

In the majority of specimens (27 of 30) a vascularisation pattern was apparent in which the ascending palatine artery and the ascending pharyngeal artery were supplying the palate (corresponds with the Le Fort I segment). In 3 of 30 specimens the ascending palatine artery was replaced by the anterior branch of the ascending pharyngeal artery. These special situation of vascular supply to the Le Fort I segment was part of particular interest. A possible impact of this different vascular situation to the Le Fort I Segment's blood perfusion has to be evaluated in further studies.

Some already described anatomical variations of the ascending palatine and ascending pharyngeal arteries origins were found.

# Inhaltsverzeichnis

<b>DANKSAGUNGEN</b> .....	<b>II</b>
<b>ABILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>III</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>V</b>
Zielsetzung .....	v
Methoden .....	v
Ergebnisse.....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
Objectives .....	vi
Methods .....	vi
Results .....	vii
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>Anatomische Grundlagen</b> .....	<b>1</b>
<b>Oberkiefer, Maxilla</b> .....	<b>1</b>
Corpus maxillae .....	1
Processus zygomaticus .....	2
Processus alveolaris .....	3
Processus palatinus .....	3
Procesus frontalis.....	3
Os incisivum.....	3
<b>Gaumenbein, Os palatinum</b> .....	<b>3</b>
Lamina horizontalis .....	4
Lamina perpendicularis .....	4
Processus Orbitalis .....	5
Processus sphenoidalis .....	5
Processus pyramidalis .....	6
<b>Keilbein, Os sphenoidale</b> .....	<b>6</b>
Corpus ossis sphenoidalis.....	6
Ala major ossis sphenoidalis .....	7
Ala minor ossis sphenoidalis .....	7
Processus pterygoidesus, Pterygoid.....	7
<b>Arteria carotis externa</b> .....	<b>8</b>
<b>Arteria maxillaris</b> .....	<b>10</b>

<b>Mundhöhle, Cavitas Oris .....</b>	<b>12</b>
Vestibulum oris .....	12
Cavitas oris propria.....	13
<b>Anatomische Richtungsbezeichnungen der Mundhöhle.....</b>	<b>13</b>
<b>Die Zähne .....</b>	<b>14</b>
<b>Anatomische Richtungsbezeichnungen an den Zähnen.....</b>	<b>15</b>
<b>Okklusion.....</b>	<b>15</b>
<b>Angle Klassifikation .....</b>	<b>15</b>
Angle Klasse I .....	15
Angle Klasse II .....	16
Angle Klasse III.....	16
<b>Gaumen, Palatum .....</b>	<b>17</b>
<b>Rachen, Pharynx.....</b>	<b>18</b>
Nasopharynx - Pars nasalis pharyngis – Epipharynx .....	19
Oropharynx – Pars oralis pharyngis - Mesopharynx.....	19
Laryngopharynx – Pars laryngea pharyngis - Hypopharynx.....	19
Pharynxmuskulatur .....	19
<b>Kieferorthopädische Chirurgie in der Mund-,Kiefer- und Gesichtschirurgie .....</b>	<b>20</b>
<b>Indikationen der Dysgnathiechirurgie.....</b>	<b>21</b>
<b>Maxilläre Osteotomien .....</b>	<b>22</b>
Von den Le Fort Frakturen zur Le Fort I Osteotomie .....	22
Die Ursprünge der Le Fort I Osteotomie.....	25
Die Technik der Le Fort I Osteotomie.....	26
Präoperatives Management .....	29
Modelloperation und Splinterstellung .....	29
Typische Anwendungsgebiete der Le Fort I Osteotomie .....	30
Postoperatives Management .....	31
Komplikationen der Le Fort I Osteotomie .....	32
<b>METHODEN .....</b>	<b>39</b>
<b>Material .....</b>	<b>39</b>
<b>Präparation .....</b>	<b>40</b>
<b>Vermessungen .....</b>	<b>41</b>
<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>43</b>
<b>Häufigster Versorgungstyp.....</b>	<b>44</b>
<b>Herkunft der A. palatina .....</b>	<b>50</b>

Ursprung aus der A. carotis externa .....	51
Fehlende A. palatina ascendens .....	51
Ursprung der A. palatina ascendens aus der A. pharyngea ascendens .....	53
<b>Herkunft der A. pharyngea ascendens .....</b>	<b>54</b>
Ursprung der A. pharyngea ascendens aus der A. occipitalis .....	55
Ursprung der A. pharyngea ascendens aus der A. carotis interna .....	55
<b>DISKUSSION .....</b>	<b>56</b>
Ursprungsverhältnisse der A. palatina ascendens und der A. pharyngea ascendens.....	57
variable Gefäßversorgung.....	58
<b>Ursachen für ischämische Nekrosen .....</b>	<b>59</b>
Mögliche Auswirkungen einer variablen Gefäßanatomie auf das Le Fort I Segment ....	60
Spekulative Gefäßkonstellation.....	66
Methoden Kritik .....	67
Fazit .....	68
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>69</b>

# **Einleitung**

## **Anatomische Grundlagen**

Aufgrund der komplizierten Anatomie im Kopf-Hals Bereich sollen hier auf wenigen Seiten die anatomischen Grundlagen für das Verstehen dieser Arbeit erläutert werden. Dieses Kapitel fasst wesentliche anatomische Aspekte aus gängigen Anatomie Büchern zusammen.

Zuerst werden die für die Le Fort I Osteotomie relevanten Knochen und knöchernen Strukturen erklärt. Anschließend folgt Systematik und Topographie der für das Oberkiefer und die Kopf Hals Region wichtigen Blutgefäße. Danach werden die Mundhöhle mit Gaumen und Zähnen, sowie der Rachen in kurzer Übersicht beschrieben.

## **Oberkiefer, Maxilla**

Die Maxilla ist ein paarig ausgebildeter Knochen. Ausformung, Lage und Ausdehnung der Maxilla sind für das Erscheinungsbild des Gesichtes von großer Bedeutung.(1) Sie besitzt einen Corpus und hat vier Fortsätze.(2)

### **Corpus maxillae**

Der Corpus maxillae ist ein pneumatisierter Knochen, welcher den Sinus maxillaris beinhaltet. Der Sinus maxillaris ist die größte Nasennebenhöhle. Am tiefsten Punkt des Sinus maxillaris liegt gewöhnlich die Wurzel des ersten Molaren. Die Wurzeln der Canini liegen normalerweise im Knochen vor der Kieferhöhle. Die übrigen Zahnwurzeln stehen in enger Nachbarschaft mit dem Sinus maxillaris.(2)

Der Corpus begrenzt einen Teil der knöchernen Nasenöffnung, der Apertura piriformis. Am unteren Rand der Apertura piriformis besteht ein vorspringender Knochensporn, die Spina nasalis anterior. Lateral der Apertura piriformis liegt an der Vorderseite des Corpus eine dezente Vertiefung, welche Fossa canina genannt wird. Unterhalb des Orbita Randes befindet sich das unterschiedlich ausgeprägte, oft asymmetrische Foramen infraorbitale(2), durch welches der Nervus infraorbitalis hindurchtritt. Der Sulcus infraorbitalis beginnt am

Boden der Augenhöhle, der *Facies infraorbitalis*. Er setzt sich als *Canalis infraorbitalis* fort und endet am beschriebenen *Foramen infraorbitale*. An der medialen Fläche des *Corpus maxillae*, der *Facies nasalis*, befindet sich der *Hiatus maxillaris*. Der *Hiatus maxillaris* verbindet die Kieferhöhle mit der Nasenhöhle. Er wird durch anliegende Knochen verschmälert.

Die vom *Corpus* ausgehenden Fortsätze werden als *Processus zygomaticus*, *Processus alveolaris*, *Processus palatinus* und *Processus frontalis* bezeichnet. Sie begrenzen einen Teil der Augen- und Mundhöhle, als auch einen Teil der Nasenhöhle.(2)

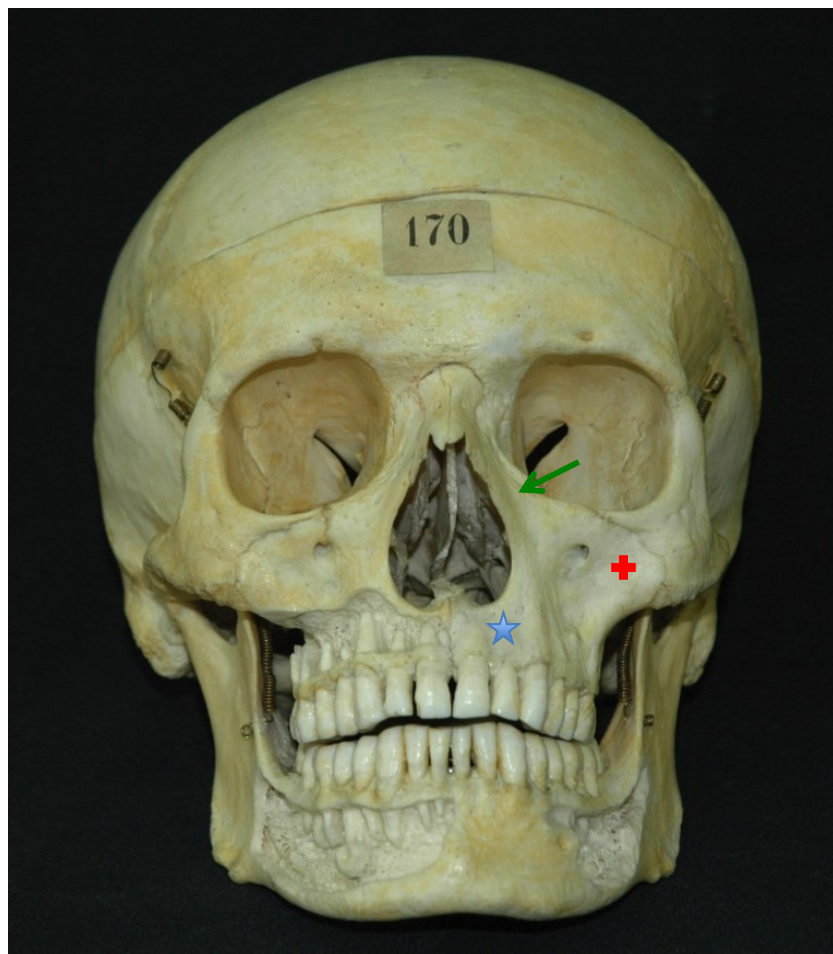


Abbildung 1

*grüner Pfeil: Processus frontalis; rotes Kreuz: Processus zygomaticus;  
blauer Stern: Processus alveolaris*

### **Processus zygomaticus**

Der *Processus zygomaticus* verbindet die Maxilla mit dem *Os zygomaticum*.(2)

### **Processus alveolaris**

Der zahntragende Processus alveolaris beinhaltet die Zahnalveolen und besteht aus spongiösem Knochen. Die Wurzeln verschiedener Zähne, als auch die Wurzeln der mehrwurzeligen Zähne werden voneinander durch Knochensepten getrennt. Die Zahnwurzeln wölben an der Außenseite die Juga alveolaria vor.(2)

### **Processus palatinus**

Die Processus palatinus beider Seiten bilden zusammen mit dem Os palatinum den harten Gaumen. Beide Processus palatinus treffen mittig an der Sutura palatina mediana zusammen. Dadurch wölben sie auch die Crista nasalis vor.(2)

### **Processus frontalis**

Der Processus frontalis kommuniziert mit dem Stirn- und Nasenbein. Außerdem ist der Processus frontalis an der Bildung der Fossa Sacci Lacrimalis und des Canalis nasolacrimalis beteiligt.(1, 2)

### **Os incisivum**

Das Os incisivum, (Praemaxilla, Zwischenkiefer) verknöchert um einen eigenen Knochenkern. Dieser Knochen fasst die Schneidezähne. Er wurde unter anderem von Goethe beim Menschen beschrieben und unzutreffend für ein phylogenetisches Relikt des ersten Wirbels gehalten.(3) Das Os incisivum, auch als Os goethi bezeichnet, besteht nur bei Kindern als eigenständiger Knochen. Üblicherweise verknöchert das Os incisivum im Laufe des Lebens mit der restlichen Maxilla, sodass nur in Ausnahmefällen im Erwachsenenalter eine eigene Naht, die Sutura incisiva, zurückbleibt. Die beiden Ossa incisivi bilden in der Medianebene gemeinsam das Foramen incisivum.(2)

### **Gaumenbein, Os palatinum**

Das Gaumenbein ist ebenfalls ein paarig vorkommender Knochen und liegt eingezwängt zwischen Maxilla und Processus pterygoideus.(2) Das Os palatinum gliedert sich in eine horizontale (Lamina horizontalis) und eine vertikale Platte (Lamina perpendicularis). Es ist Grundlage eines Teils der lateralen Nasenhöhlenwand und bildet den hinteren Anteil der knöchernen Gaumenplatte.(4)

### **Lamina horizontalis**

Die Lamina horizontalis bildet den hinteren Rand des knöchernen Gaumens und trennt dadurch die Nasenhöhle von der Mundhöhle. Sie grenzt vorne an den Processus palatinus maxillae und endet hinten mit einem freien Rand, an welchem der weiche Gaumen befestigt ist.(1) Die Laminae horizontales beider Seiten treffen sich in der Medianebene und wölben die Crista nasalis vor. Die posteriore Fortsetzung der Crista nasalis wird Spina nasalis posterior genannt. Im Bereich des Weisheitszahnes mündet der Canalis palatinus major am Foramen palatinum majus.(2)

### **Lamina perpendicularis**

Die Lamina perpendicularis ist äußerst filigran. Sie besitzt eine Facies nasalis und eine Facies maxillaris. Die Lamina perpendicularis bedeckt von medial mit ihrer Facies maxillaris einen Teil des Corpus maxillae und des Processus pterygoideus.(1) Die Lamina perpendicularis verschließt auf diese Art, zumindest teilweise, die Öffnung des Sinus maxillaris und überragt mit ihrem Processus maxillaris den Rand dieser Öffnung. Die Lamina perpendicularis weist zahlreiche Strukturen auf. Die Crista conchalis ist eine an der Facies nasalis gelegene knöcherne Verlängerung der Concha nasalis inferior. Die Crista ethmoidalis setzt die Concha nasalis media fort.(2)

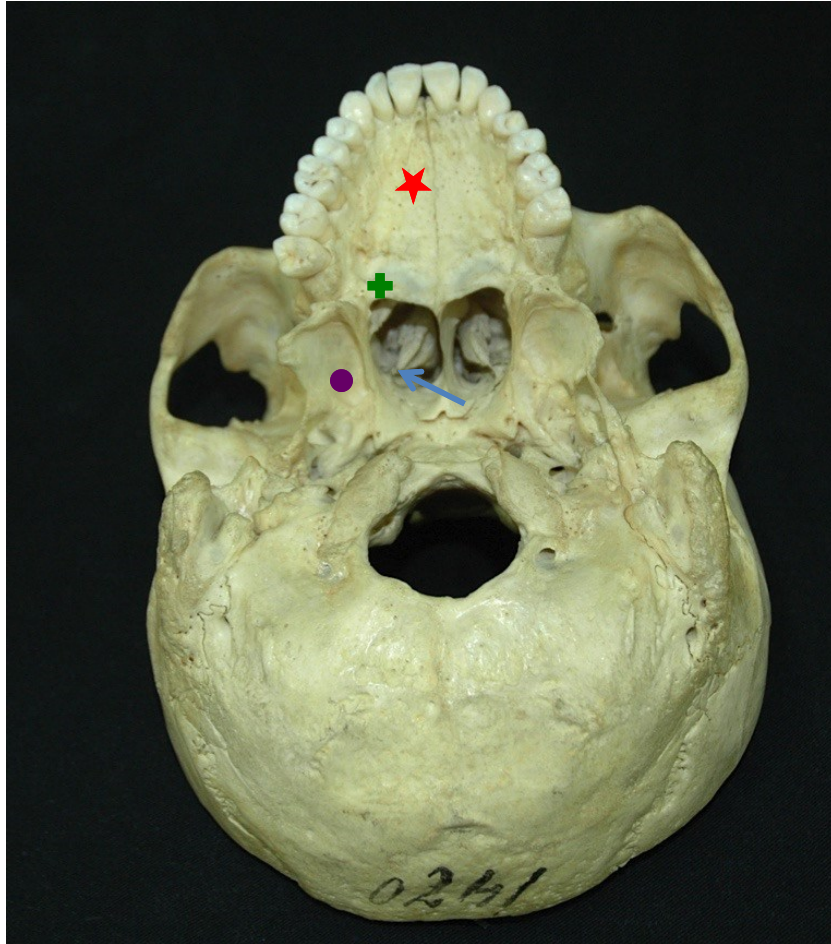


Abbildung 2

roter Pfeil: *Processus palatinus maxillae*; grünes Kreuz: *Lamina horizontalis ossis palatini*; blauer Pfeil: *Lamina perpendicularis ossis palatini*; violetter Kreis: *Lamina lateralis processus pterygoideus*

### **Processus Orbitalis**

Der Processus orbitalis bildet zu einem kleinen Teil die knöcherne Orbita mit. Außerdem begrenzt der Processus orbitalis einen Teil der Fossa pterygopalatina.(2)

### **Processus sphenoidalis**

Der Processus sphenoidalis grenzt an den Keilbeinkörper. Processus orbitalis und Processus sphenoidalis begrenzen die Incisura sphenopalatina. Der Keilbeinkörper vervollständigt die Incisura sphenopalatina zum Foramen sphenopalatinum. Das Foramen sphenopalatinum stellt eine Verbindung zwischen Nasenhöhle und Flügelgaumengrube dar.(2)

## **Processus pyramidalis**

Der Processus pyramidalis springt zwischen den beiden Blättern des Pterygoids vor und bildet somit die Fossa pterygoidea mit.

Die Canales palatini minores, Abzweigungen des Canalis palatinus majus, durchlöchern den Processus pyramidalis und enden an den Foramina palatina minora. Der Sulcus palatinus major liegt auf der Facies maxillaris der Lamina perpendicularis. Maxilla und Processus pterygoideus vervollständigen den Sulcus zum Canalis palatinus major.(2)

## **Keilbein, Os sphenoidale**

Das Os sphenoidale hat einen Corpus, ein großes und ein kleines Flügelpaar und zwei Flügelfortsätze. Ursprünglich wurde es wegen seinem Aussehen Wespenbein genannt.(1) Durch Abschreibfehler im Mittelalter dürfte aus dem Wespenbein(Os sphekoidale) das Keilbein(Os sphenoidale) geworden sein(4). Das Keilbein ist mit sämtlichen Knochen des Neurocraniums und mit den meisten Knochen des Viscerocraniums verbunden.(1)

## **Corpus ossis sphenoidalis**

Der Keilbeinkörper ist zum Großteil durch den Sinus sphenoidalis ausgehöhlt. Ein Knochenseptum unterteilt den Sinus sphenoidalis in zwei, oft ungleich große, Kammern. Eine kleine Öffnung verbindet den Sinus sphenoidalis mit der Nasenhöhle.

Die Oberfläche des Keilbeinkörpers trägt die Sella turcica mit der Fossa hypophysialis. Die vordere Begrenzung der Fossa hypophysialis bilden die beiden Processus clinoidi medii.

Der hintere Abschluss der Sella turcica wird durch das Dorsum sellae gebildet, welches beidseits in die Processus clinoidi posteriores ausläuft. Seitlich der Sella turcica liegt der Sulcus caroticus, eine knöcherne Rinne für die A. carotis interna.

An der Vorderfläche des Keilbeinkörpers setzt an der Crista sphenoidalis die Lamina perpendicularis des Os ethmoidale an. Außerdem befinden sich an der Vorderseite des Corpus die Öffnungen des Sinus sphenoidalis zur Nasenhöhle.

An der Rückfläche des Corpus grenzt das Os sphenoidale an das Os occipitale.(2)

### **Ala major ossis sphenoidalis**

Der große Keilbeinflügel entspringt seitlich aus dem Keilbeinkörper und hat fünf verschiedenen Flächen. Die Facies cerebralis bildet einen Teil der mittleren Schädelgrube. Die Facies orbitalis ist der Orbita zugewandt. Die Facies temporalis schaut nach lateral und ist durch die Crista infratemporalis von der nach unten gerichteten Facies infratemporalis getrennt. Die Facies maxillaris begrenzt einen Teil der Fossa pterygopalatina. Nahe des Ursprungs der Ala major aus dem Corpus, findet man das Foramen rotundum für den N. maxillaris V1 und das Foramen ovale für den N. mandibularis V2. Nach hinten wölbt die Ala major, gegen das Schläfenbein, die Spina sphenoidalis vor. Die Spina sphenoidalis trägt das Foramen spinosum für den Durchtritt der A. meningea media. Die Ala major grenzt mit einem Margo frontalis an das Os frontale, mit einem Margo zygomaticus an das Os zygomaticum mit einem kurzen Margo parietalis an das Os parietale und mit einem stark gezackten Margo squamosus an die Squama ossis temporalis. Die Ala major begrenzt gemeinsam mit der Ala minor die Fissura orbitalis superior.(2)

### **Ala minor ossis sphenoidalis**

Die Ala minor ossis sphenoidalis bildet den Canalis opticus, für N. opticus und A. ophthalmica. Die untere Fläche der Ala minor schaut gegen die Orbita und die obere Fläche gegen das Gehirn. Richtung Sella turcica laufen die kleinen Keilbeinflügel in die Processus clinoides anteriores aus.(1)

### **Processus pterygoideus, Pterygoid**

Der Flügelfortsatz besteht aus zwei vertikal eingestellten Platten, der Lamina medialis und der Lamina horizontalis. Er entspringt nahe dem Corpus aus der Ala major ossis sphenoidalis. Nahe des Ursprungs wird er vom Canalis pterygoideus, der bis zur Fossa pterygopalatina reicht, sagittal durchbohrt. Zwischen den beiden Laminae liegt, vervollständigt durch den Processus pyramidalis des Gaumenbeins, die Fossa pterygoidea. Von der Lamina medialis entspringt nach posterior-kaudal der kleine Hamulus pterygoideus. Der Hamulus pterygoideus lenkt die Sehne des M. tensor veli palatini um.(1, 2)

## **Arteria carotis externa**

Die Aufteilung der A. carotis communis in die **A. carotis externa** und **A. carotis interna** befindet sich meistens in Höhe des oberen Randes des Schildknorpels. Das entspricht ungefähr der Höhe des vierten Halswirbels.

Die A. carotis interna verläuft astlos bis zur Schädelbasis. Von der A. carotis externa gehen Äste in mediale, dorsale und ventrale Richtung ab.(1)

Die **A. thyroidea superior** geht als erster ventraler Ast gleich unmittelbar nach der Karotis Bifurkation von der A. carotis externa ab. Sie erreicht in einem Bogen die Schilddrüse und versorgt vorrangig den kranial-ventralen Bereich dieser Drüse. Die A. thyroidea superior gibt einen R. infrahyoideus, einen R. sternocleidomastoideus, einen R. cricothyroideus eine A. laryngea superior ab.(1)

Unmittelbar darüber zweigt nach ventral die **A. lingualis** für die Zunge ab. Sie gibt Äste zum Mundboden und am Weg zur Zungenspitze Rr. dorsales linguae, die A. profunda linguae und die A. sublingualis ab.(1)

Nächster ventraler Ast der A. carotis externa ist die **A. facialis** für das Gesicht.

A. lingualis und A. facialis können als gemeinsamer Stamm aus der A. carotis externa entspringen. Als Äste entlässt die A. facialis unter anderem eine A. palatina ascendens, welche ihrerseits einen R. tonsillaris abgeben kann. Der R. tonsillaris kann aber auch selbständig aus der A. facialis entspringen.(1)

Zu den dorsalen Ästen der A. carotis externa zählt man die dünne **A. sternocleidomastoidea**, welche selbständig oder als Ast aus der A. occipitalis entspringen kann und zum M. sternocleidomastoideus zieht.(1)

Nächster dorsaler Ast ist die zum Hinterhaupt ziehende **A. occipitalis**, die einen R. auricularis und einen R. occipitalis abgibt.(1)

Letzter dorsaler Ast ist die **A. auricularis posterior**, welche hinter dem Ohr nach oben aufsteigt.(1)

Als medialen Ast gibt die A. carotis externa die zarte, lange **A. pharyngea ascendens** ab. Sie ist meist der dünnste Ast im Trigonum caroticum. In gleicher Weise wie die A. carotis interna steigt die A. pharyngea ascendens im Trigonum caroticum und danach im parapharyngealen Raum bis zur Schädelbasis auf. Die A. pharyngea ascendens liegt in diesem Bereich den Processus transversi der prävertebralen Muskulatur und dem Ganglion cervicale superius des Sympathikus benachbart. Auf ihrem Weg zur Schädelbasis gibt sie unregelmäßig Rr. pharyngeales zum M. constrictor pharyngis superior, M. constrictor pharyngis medius, zur Tonsilla palatina und zur Unterfläche der Tuba auditiva ab. Diese Äste anastomosieren mit Rr. pharyngeales der A. facialis, der A. thyroidea superior und der A. lingualis.(1, 5) Als Endäste gibt die A. pharyngea ascendens die A. tympanica inferior, die A. meningea posterior, Äste zum Canalis caroticus(6) sowie einen nomenklatorisch nicht genannten(7) „vorderen Ast“/R. anterior(8) /R. tubae auditivae zur Tuba auditiva ab(6).

Nach Hafferl(9) kann die A. pharyngea ascendens das Versorgungsgebiet der A. palatina ascendens ganz oder teilweise übernehmen. Außerdem wird das Vorkommen einer akzessorischen A. pharyngea ascendens beschrieben.(9)

Die beiden Endäste der A. carotis externa sind die **A. temporalis superficialis** für die Schläfenregion und die **A. maxillaris** für Obererkiefer und Unterkiefer.(9)

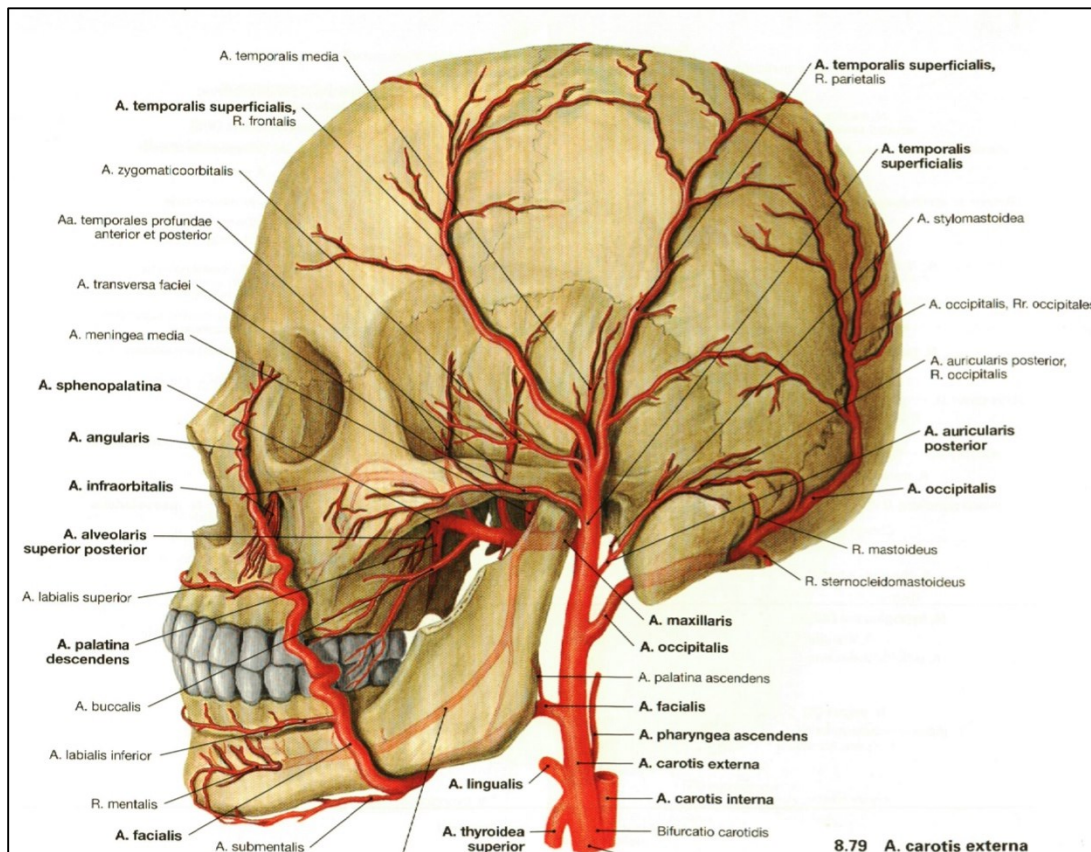


Abbildung 3 *A. carotis externa mit ihren Ästen*

## Arteria maxillaris

Die *A. maxillaris* ist die wichtigste Arterie für die Kieferregion. Ihr Verlauf wird nach der topographischen Lage in drei verschiedene Teile gegliedert. Man unterscheidet eine *Pars mandibularis*, eine *Pars pterygoidea* und eine *Pars pterygopalatina*.(1)

Die ***Pars mandibularis*** liegt medial des *Collum mandibulae*. In diesem Bereich zwängt sich die Arterie zwischen *Ramus mandibulae* und *Lig. sphenomandibulare* durch den sogenannten *Juvara Slot*. Folgende Äste gibt die *A. maxillaris* in diesem Teil ab:

Die ***A. auricularis profunda*** zieht zum Kiefergelenk, zum äußeren Gehörgang und zum Trommelfell.

Die ***A. tympanica anterior*** gelangt durch die *Fissura petrotympanica* zum Innenohr.

Die ***A. meningea media*** zieht durch das *Foramen spinosum* in die mittlere Schädelgrube und versorgt Hirnhaut sowie Schädelknochen.(1)

Die ***A. alveolaris inferior*** tritt in den *Canalis mandibulae* ein und versorgt den Unterkieferknochen.(1) Mit ***Rr. dentales*** versorgt sie die Zähne, mit ***Rr. peridentales*** den

Zahnhalteapparat und mit ihrem stärksten Endast, der **A. mentalis** Kinn und Unterlippe.(10)

Die **Pars pterygoidea** der A. maxillaris liegt zumeist lateral des M. pterygoideus lateralis. In diesem Abschnitt gehen Arterien zur Kaumuskulatur ab. Dies sind die **A. temporalis profunda anterior** und **A. temporalis profunda posterior** zum M. temporalis. Die **A. masseterica** gelangt durch die Incisura mandibulae zum M. masseter. **Rr. pterygoidei** versorgen den M. pterygoideus medialis und M. pterygoideus lateralis. Die **A. buccalis** zieht zum M. buccinator und steht in Verbindung mit sowohl A. facialis als auch A. transversa faciei.(1)

In der **Pars pterygopalatina** teilt sich die A. maxillaris in ihre Endäste.(1)

Die **A. alveolaris superior posterior** zerfällt wiederum in Rr. dentales und Rr. peridentales. Sie versorgt den Bereich der Oberkiefermolaren, den Zahnhalteapparat und die Schleimhaut des Sinus maxillaris.(10)

Die **A. infraorbitalis** zieht durch den Canalis infraorbitalis und erreicht über das Foramen infraorbitale die Gesichtsregion, wo sie mit den übrigen Gesichtsarterien anastomosiert. In ihrem Verlauf gibt sie die **Aa. alveolares superiores anteriores** für die Zähne und das Peridontium im Bereich der anterioren Maxilla ab.

Die **A. palatina descendens** gelangt über den Canalis palatinus gaumenwärts. Sie teilt sich in eine A. palatina major und mehrere Aa. palatinae minores. Die A. palatina major erreicht über das Foramen palatinum majus den Gaumen. Sie liegt dort zuerst geschützt in einer Furche und zieht weiter nach vorne bis in den Bereich der Incisivi. Die Aa. palatinae minores gelangen über die Foramina palatinae minores in die Gaumenregion und versorgen den Bereich des Palatum molle.(1) Die **A. canalis pterygoidei** begleitet den N. canalis pterygoidei und gelangt Richtung Pharynx und Tuba auditiva.

Die **A. sphenopalatina** erreicht durch das Foramen sphenopalatinum die Nasenhöhle und zerfällt in Rr. septales posteriores und Aa. naseles posteriores laterales. Ein Endast der Rr. septales posteriores ist die A. nasopalatina, welche durch den Canalis palatinus in die vordere Gaumenregion gelangt und mit der A. palatina major anastomosiert.(1)

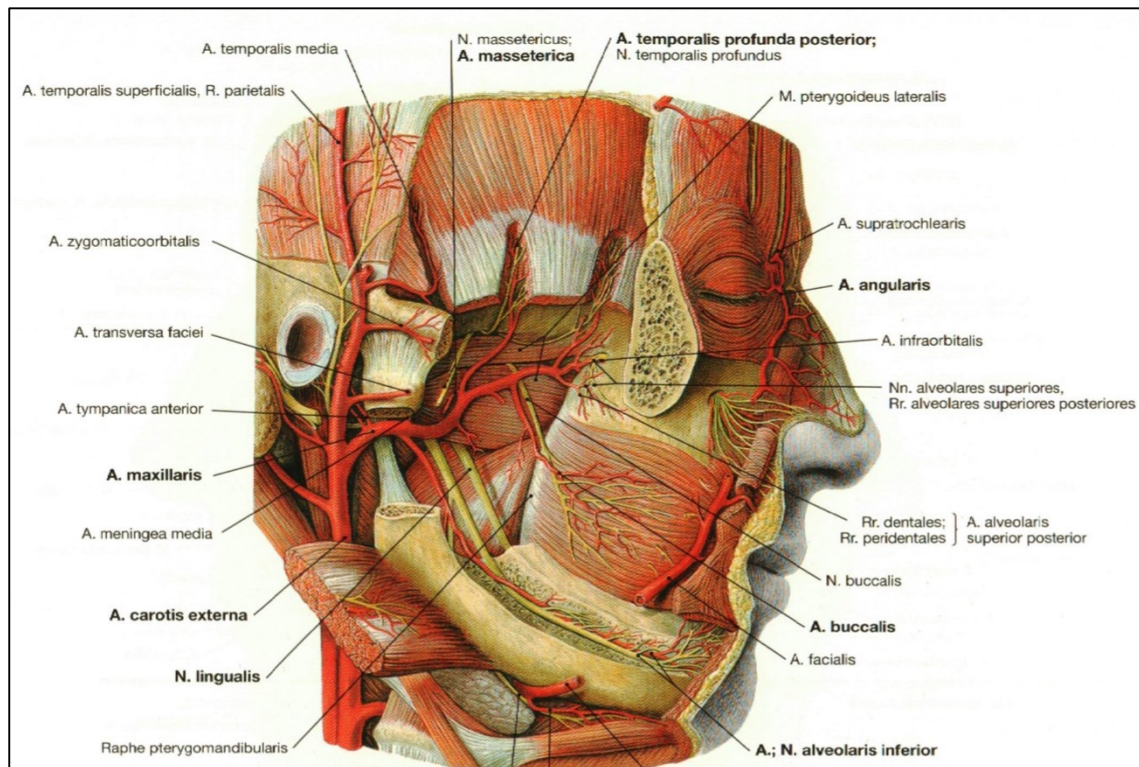


Abbildung 4 *A. maxillaris mit ihren Ästen*

## Mundhöhle, Cavitas Oris

Die Mundhöhle gliedert sich in einen Vorraum, das Vestibulum oris und die eigentliche Mundhöhle, die Cavitas oris propria.(1)

### Vestibulum oris

Das Vestibulum oris reicht von den Wangen beziehungsweise den Lippen bis zum Processus alveolaris und den Zahnreihen. Bei vollständigem Fehlen der Zähne und Atrophie des Processus alveolaris fehlt das Vestibulum oris.(9) In das Vestibulum münden zahlreiche kleine Drüsen und der Ausführungsgang der Gl. parotis, der größten Speicheldrüse. Die Schleimhaut ist als Zahnfleisch auf dem Processus alveolaris sehr gut fixiert. Im Bereich der vestibulären Umschlagfalte (Fornix) ist die Schleimhaut gut verschieblich.(1)

## **Cavitas oris propria**

Die Cavitas oris propria ist bei geschlossenem Mund nur ein schmaler Spalt. Durch den Gaumen wird die Mundhöhle zur Nasenhöhle hin abgeschlossen(9). Dem muskulären Boden der Mundhöhle, dem Diaphragma oris, liegt die bewegliche Zunge auf. Der Übergangsbereich zum Pharynx wird Isthmus faucium genannt. Die Ausführungsgänge der Gl. submandibularis, der Gl. sublingualis und vieler kleiner Speicheldrüsen münden in die Cavitas oris propria.(1, 2)

## **Anatomische Richtungsbezeichnungen der Mundhöhle**

Für die Beschreibung der Richtungsbezeichnungen gilt in der Mundhöhle und an den Zähnen eine eigene, von Emil Zuckerkandel beschriebene, Nomenklatur. Diese Nomenklatur berücksichtigt die Krümmung des Zahnbogens. „Mesial“ bedeutet am Zahnbogen zur Mitte hin und „distal“ bedeutet zum Ende des Zahnbogens hin. Die anderen Richtungen werden anhand der Weichteile beschrieben. Die wichtigsten Richtungsbezeichnungen lauten(11):

<i>mesial</i>	- zur Mitte hin (entlang des Zahnbogens)
<i>distal</i>	- zum Zahnbogenende hin (entlang des Zahnbogens)
<i>oral</i>	- zur Mundhöhle hin
<i>vestibulär</i>	- zum Mundvorhof hin
<i>lingual</i>	- zur Zunge hin
<i>palatinal</i>	- zum Gaumen hin, gaumenwärts
<i>bukkal</i>	- zur Wange hin
<i>labial</i>	- zur Lippe hin

*aus Orale Struktur- und Entwicklungsbiologie(11)*

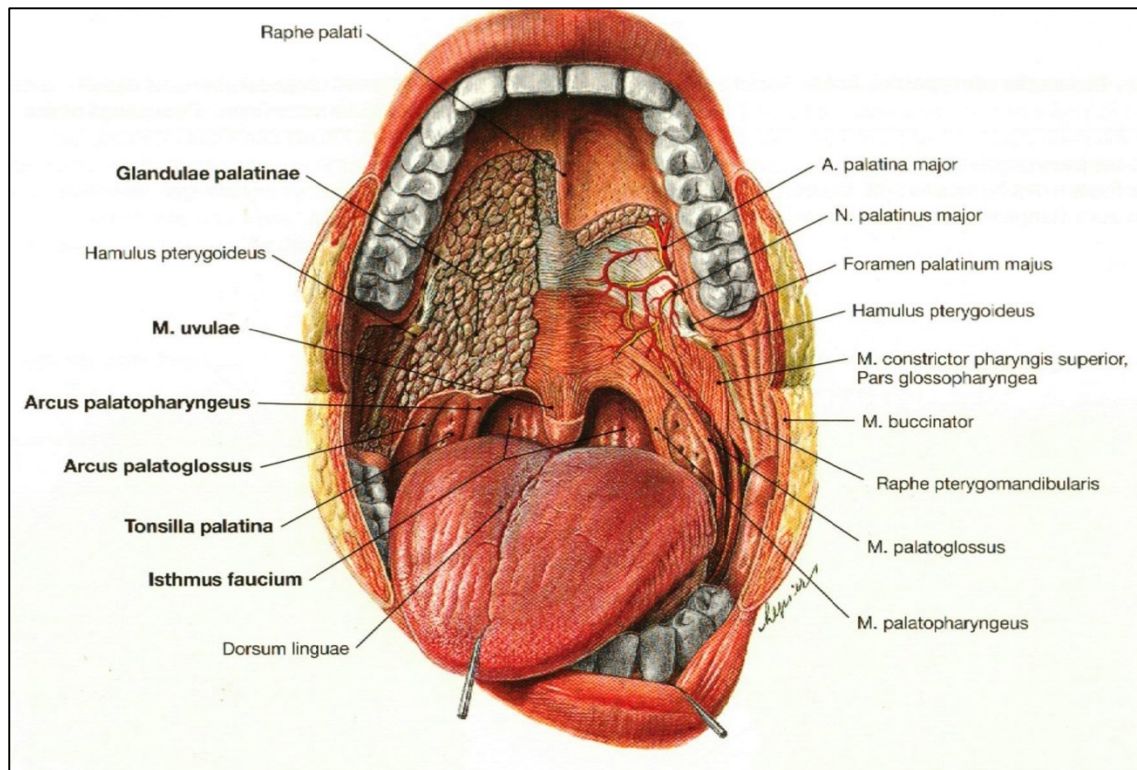


Abbildung 5 *Mundhöhle mit Gaumen*

## Die Zähne

Das bleibende Gebiss hat 32 Zähne. Sämtliche Zähne sind aus Schmelz, Wurzelzement und Pulpa aufgebaut.(2, 11)

Man beschreibt am Zahn die Zahnkrone, Corona dentis, den Zahnhals, Cervix dentis, eine oder mehrere Wurzeln, Radix dentis mit der Wurzelspitze, Apex dentis. Die mit Zement eingehüllte Zahnkrone schaut aus dem Zahnfleisch hervor. Der Zahnhals ist normalerweise von Zahnfleisch bedeckt. Wurzel und Cervix dentis sind mit Zement überzogen.(2)

Jede Wurzel hat einen oder mehrere Wurzelkanäle.(11)

Man teilt das Gebiss in die Quadranten eins bis vier(4, 11). In jedem Quadranten existieren zwei Schneidezähne, Incisivi, ein Eckzahn, Caninus, zwei Prämolaren und drei Molaren.

Das Milchgebiss hat insgesamt nur 20 Zähne. Anstelle der drei Prämolaren gibt es im Milchgebiss zwei Milchmolaren. Die jeweiligen Zahngruppen haben eine bestimmte Funktion.(2)

Man kann die Zähne nach dem System der FDI (11) (Fédération Dentaire Internationale) mit einer Ziffer, von eins bis acht und vorgestellter Quadrantennummer, von eins bis vier,

eindeutig kennzeichnen. Quadrant eins liegt rechts oben, Quadrant zwei links oben, Quadrant drei links unten und Quadrant vier rechts unten.(2)

## **Anatomische Richtungsbezeichnungen an den Zähnen**

*okklusal* - zur Kaufläche hin  
*inzisal-* - zur Schneidekante hin  
*zervikal-* - zum Zahnhals hin  
*radikulär* - zur Wurzel hin  
*apikal* - zur Wurzelspitze hin  
*approximal* - zum Nachbarzahn

*aus Orale Struktur- und Entwicklungsbiologie (11)*

## **Okklusion**

Als Okklusion bezeichnet man in der Zahnmedizin jeden Kontakt der Ober und Unterkieferzähne zueinander.(4) Die statische Okklusion beschreibt statische Kontakte im Gegensatz zur dynamischen Okklusion, die Kontakte der Zähne in Bewegung beschreibt.(12)

## **Angle Klassifikation**

Nach dem Vater der modernen Kieferorthopädie, dem Amerikaner E. Angle benannt, beschreibt die Angle Klassifikation Okklusionsabweichungen in der Sagittalen Ebene. Dazu wird die Position des mesiobukkalen Höckers des ersten Oberkiefermolaren in Bezug zum ersten Unterkiefermolaren analysiert. Je nach Stellung des mesiobukkalen Höckers unterscheidet man drei verschiedene Klassen mit Subtypen. (12, 13)

### **Angle Klasse I**

Die Angle Klasse I wird auch als Neutralbiss oder Normokklusion bezeichnet.(13) Der mesiobukcale Höcker des ersten Oberkiefermolaren steht in der zentralen Fossa des unteren ersten Molaren.(12) Der Oberkiefer Eckzahn liegt eine halbe Prämolarenbreite

hinter dem Unterkiefer Eckzahn. Die Seitenzähne haben, mit Ausnahme der ersten Unterkiefer Schneidezähne und der Oberkiefer Weisheitszähne je zwei Antagonisten. (13)

## **Angle Klasse II**

Der mesiobukkale Höcker des ersten Oberkiefermolaren steht mesial der zentralen Fossa des unteren ersten Molaren.(12) Die untere Zahnreihe liegt gegenüber der oberen zu weit distal. Bei entsprechender distal-Stellung haben die Seitenzähne nur mehr einen Antagonisten. (13)

### Angle Klasse II/1

Zusätzlich stehen die Oberkiefer Frontzähne labial gekippt(12)

### Angle Klasse II/2

Die Oberkiefer Frontzähne stehen steil oder invertiert(12)

## **Angle Klasse III**

Der mesiopalatinale Höcker des ersten Oberkiefermolaren liegt distal der zentralen Fossa des ersten Unterkiefermolaren.(12)

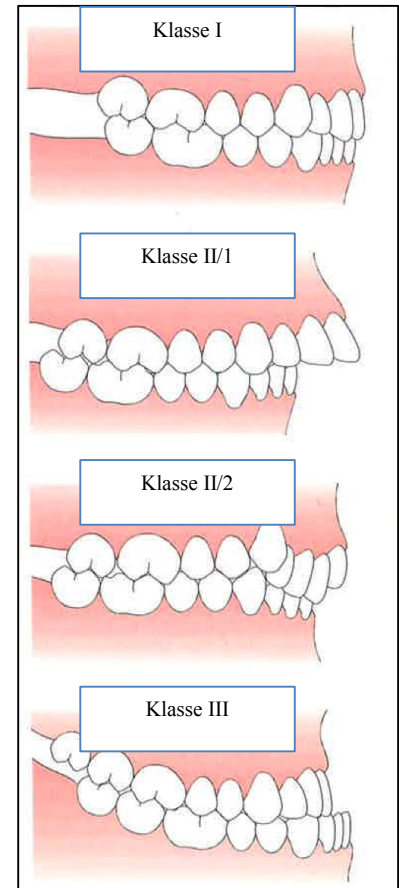


Abbildung 6

*Angle Klassifikation*



Abbildung 7 Kaiser *Ferdinand I*; *Angle Klasse III*

## Gaumen, Palatum

Der Gaumen gliedert sich in den harten Gaumen, **Palatum durum** und den weichen Gaumen, **Palatum molle**.(1)

Der harte Gaumen bildet den kranialen Abschluss der Mundhöhle und trennt so den Nasenraum vom Mundraum. Die knöchernen Basis für den harten Gaumen bilden die Processus palatinus der Oberkiefer und die Laminae horizontales der Gaumenbeine. In der Medianebene treffen sich die eben genannten Knochenanteile und bilden die Sutura palatina mediana. Die Sutura palatina transversa trennt die Processus palatinus von den Laminae horizontales. Die knöchernen Gaumenplatte ist in horizontaler und in sagittaler Richtung nach unten konkav gebogen. Die Gaumenform ist individuell und altersabhängig sehr unterschiedlich. Variationen betreffen Höhe, seitliche Ausdehnung und Krümmung.

Bei Säuglingen und Kleinkindern ist der Gaumen gewöhnlich sehr flach. Im Laufe der Entwicklung nimmt der Gaumen an Höhe zu.

Eine eingeschränkte Nasenatmung kann manchmal schon im Kindesalter zur Ausprägung eines hohen Gaumens führen.(9)

Der weiche Gaumen, auch Palatum molle oder Velum Palatinum genannt schließt rachenwärts an den harten Gaumen an. Er trennt je nach Funktionszustand die Pars nasalis pharyngis von der Pars oralis pharyngis oder schließt den Isthmus faucium gegen den Pharynx ab. Der weiche Gaumen besteht aus einer bindegewebigen Platte, der Aponeurosis palatina, die durch das Einstrahlen von fünf Muskeln verstärkt wird. Zu diesen Muskeln gehören der Gaumenheber M. levator veli palatini, der Gaumenspanner M. tensor veli palatini und der M. uvulae, welcher die muskulöse Grundlage für das Zäpfchen liefert. Der M. palatopharyngeus beginnt an der Aponeurosis palatina und bildet den hinteren Gaumenbogen. Der M. palatoglossus bildet den vorderen Gaumenbogen.(9)

Die Gaumenschleimhaut ist im vorderen Bereich des Palatum durum fest an der Unterlage fixiert. Im hinteren Abschnitt ist eine submuköse Schicht, in der sich zahlreiche Glandulae palatinae befinden, zwischen Knochen und Schleimhaut zwischengelagert. Im Bereich des Palatum molle ist die Schleimhaut locker fixiert und kann sich deshalb ödematös vergrößern. Im Bereich der Processus alveolares und im Gebiet um die Sutura palatina mediana weist die Schleimhaut eine feste Fixierung mit dem Knochen auf. Diese Kompartimentierung hindert entzündliche Prozesse an einer Ausbreitung über die Mittellinie.(1)

## **Rachen, Pharynx**

Der Pharynx reicht von der Schädelbasis bis zum Beginn des Ösophagus. Er öffnet sich zur Nasenhöhle, zur Mundhöhle, zum Kehlkopf, steht über die Ohrtrumpete mit dem Mittelohr in Verbindung und liegt der Wirbelsäule vorne an. Man kann den Pharynx in drei Stockwerke, den Nasopharynx, den Oropharynx und den Laryngopharynx unterteilen. Die Wand des Pharynx ist aus einer Schleimhaut, einer Muskelschicht und einer bindegewebigen Adventitia aufgebaut.(1)

### **Nasopharynx - Pars nasalis pharyngis – Epipharynx**

Der Nasopharynx reicht von der Schädelbasis bis zum weichen Gaumen. Keilbein- und Hinterhauptsbein bilden sein Dach, den Fornix. Am Fornix findet sich die Tonsilla pharyngea. In der seitlichen Pharynxwand öffnet sich die Ohrtrumpete gegen den Nasopharynx und wölbt mit ihrem Knorpel den Torus tubarius vor. Der M. salpingopharyngeus wirft vom Unterrand der Tube kommend die Plica salpingopharyngea auf. Die Plica salpingopalatina setzt den Torus tubarius nach vorne unten in einem kurzen Bogen fort. Ein eigener Wulst, der Torus levatorius, wird durch den M. levator veli palatini gebildet. Zur Nasenhöhle hin ist der Nasopharynx über die Choanen geöffnet. Hinter dem Torus tubarius findet sich eine Ausbuchtung, der Recessus pharyngeus Rosenmüller. Der Recessus pharyngeus reicht sehr nahe an die A. carotis interna heran.(1)

### **Oropharynx – Pars oralis pharyngis - Mesopharynx**

Der Oropharynx erstreckt sich vom Palatum molle bis zur Epiglottis. Vorne grenzt er an den durch die Gaumenbögen gebildeten Isthmus faucium und an den Zungengrund.(1)

### **Laryngopharynx – Pars laryngea pharyngis - Hypopharynx**

Die Pars laryngea pharyngis reicht vom oberen Rand der Epiglottis bis zum ösophago-pharyngealen Übergang. An seiner Vorderseite öffnet sich der Laryngopharynx in den Larynx.(1)

### **Pharynxmuskulatur**

Die quergestreifte Muskelschicht der Pharynxwand wird aus drei ringförmig verlaufenden Schlundsnürrern und zwei längsverlaufenden Schlundhebern gebildet. Die Schlundsnürrer M. constrictor pharyngis superior, -medius und -inferior liegen teils geschichtet übereinander. Sie inserieren alle in der vertikalen Raphe pharyngea und vervollständigen so den Pharynx zu einem Art Schlauch.(1)

## **Kieferorthopädische Chirurgie in der Mund-,Kiefer- und Gesichtschirurgie**

Als kieferorthopädische Chirurgie (orthognathe Chirurgie, Dysgnathie Chirurgie) bezeichnet man in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie im Wesentlichen das breite Spektrum der Umstellungsosteotomien. Mit Hilfe von Umstellungsosteotomien werden skelettale Fehlstellungen der Kiefer zueinander und Fehlstellungen der Kiefer zum übrigen Gesichtsskelett korrigiert.(14)

**Eugnathie:** Die richtige Lage beider Kiefer, die richtige Okklusion und die fehlerlose Form des Gebisses bezeichnet man als Eugnathie.(15) Eugnathie ist das Behandlungsziel der orthognathen Chirurgie. Die Grenzen der Eugnathie zur Dysgnathie sind in der Realität fließend.(14)

**Dysgnathie:** Als Dysgnathie bezeichnet man die Fehllage eines oder beider Kiefer, oft mit gestörter Ästhetik des Gesichtes und Beeinträchtigung der Okklusion sowie der Artikulation einhergehend.(16)

Es gibt dentale, alveoläre und skelettale Dysgnathien. Dentoalveoläre und skelettale Dysgnathien können isoliert auftreten.(14) Zumeist kommen Dysgnathien aber in kombinierter Form vor (17) und betreffen Skelett und dentoalveoläres System. Eine Dysgnathie kann erworben oder angeboren sein. In der Regel treten Dysgnathien jedoch sporadisch, ohne gesicherte genetische Belastung, auf.(17)

Bei den angeborenen Dysgnathien unterscheidet man Dysgnathie als Symptom im Symptomenkomplex eines genetischen Syndroms, oder als isoliert auftretende Dysgnathie ohne Vorliegen eines genetischen Syndroms.(17) In manchen Familien beobachtet man ein gehäuftes Vorkommen einer bestimmten Dysgnathie. Als Habsburg Progenie ist zum Beispiel das vermehrte Auftreten einer Progenie in der spanischen Linie der Habsburger bekannt.(15) In der Literatur werden größere regionale Differenzen in der Inzidenz der Dysgnathien beschrieben.(17)

Als Ursache für erworbene Dysgnathien kann man verschiedene exogene und endogene Faktoren identifizieren, die das Kieferwachstum negativ beeinflussen und damit eine Dysgnathie erzeugen können.

Exogene Auslöser für Wachstumsstörungen können Kieferbrüche während der Wachstumsphase sein. Häufig wird eine Wachstumsstörung der Kiefer durch unvorteilhafte Gewohnheiten wie z.B. Daumenlutschen verursacht. Auch Vernarbungen, Tumore, Knochenteilresektionen bei Tumorbefall, Bestrahlung im Kindesalter, Muskellähmungen im Bereich des Kauorgans(17), Ernährungsstörungen, Entzündungen(15), oder frühzeitiger Milchzahnverlust(18) können das Kieferwachstum ungünstig beeinflussen.

Seltene endogene Ursachen für Wachstumsstörungen der Kiefer sind Rachitis, rheumatoide Arthritis(17), oder hormonelle Störungen(15).

## **Indikationen der Dysgnathiechirurgie**

Indikationen für chirurgische Interventionen, zur Therapie von Dysgnathien, ergeben sich aus den Grenzen des Fachgebietes der Kieferorthopädie.(18) Die Dysgnathiechirurgie beschäftigt sich mit skelettalen Dysgnathien. Die Kieferorthopädie beschränkt sich auf die Behandlung dentoalveolärer Dysgnathien. Meistens treten skelettale Dysgnathien kombiniert mit dentoalveolären Dysgnathien auf.(14) Eine enge Zusammenarbeit der beiden Fachdisziplinen, Kieferchirurgie und Kieferorthopädie ist deswegen unerlässlich.(14) Üblicherweise erfolgt vor dem chirurgischen Eingriff eine kieferorthopädische Vorbehandlung und nach dem chirurgischen Eingriff eine kieferorthopädische Nachbehandlung.

Während sich bei Kindern durch Funktionskieferorthopädische Maßnahmen ein breites Spektrum an therapeutischen kieferorthopädischen Möglichkeiten ergibt(19), besteht nach abgeschlossenem Wachstum oft die Indikation für eine operative Therapie.(20) Auch bei schwereren skelettalen Fehlbildungen ist eine alleinige kieferorthopädische Therapie oft nicht ausreichend.(14)

Zumal Ober- und Unterkiefer eine funktionelle Einheit darstellen, bewirkt eine Wachstumsstörung des einen Kiefers meist eine Wachstumsstörung des korrespondierenden Gegenkiefers. Dadurch kann sich die Indikation zu kombinierten Umstellungsosteotomien beider Kiefer ergeben.

Orthognathische Eingriffe stellen elektive Eingriffe dar. Das heißt, der Operationszeitpunkt soll bestmöglich gewählt werden. Der optimale Zeitpunkt für einen derartigen Eingriff ist nach Abschluss der Wachstumsphase gegeben. Nur in Ausnahmefällen kann aufgrund von schwerwiegenden funktionellen Beeinträchtigungen eine Operation vor Abschluss der Wachstumsphase erwogen werden.(17)

## **Maxilläre Osteotomien**

**Osteotomie:** (**osteo:** gr.οστέον Knochen; **-tomie:** gr.τομή Schnitt) Als Osteotomie bezeichnet man die chirurgische Durchtrennung von Knochen(16) zur anschließenden therapeutischen Stellungskorrektur.(14) In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie werden Osteotomien zur Korrektur von Fehlbissen und Fehlstellungen oder zur Entfernung retinierter Zähne eingesetzt.(16)

Verschiedene kieferchirurgische Osteotomien können je nach Indikation miteinander kombiniert werden und erweitern so das Spektrum therapeutischer Möglichkeiten.(18) Die Le Fort I Osteotomie wird besonders häufig angewandt(20) und soll in diesem Kapitel detailliert beschrieben werden.

### **Von den Le Fort Frakturen zur Le Fort I Osteotomie**

Im Jahr 1901 veröffentlichte der französische Chirurg René Le Fort seine experimentellen Arbeiten über Mittelgesichtsfrakturen in der Revue de Chirurgie. Er beschreibt anhand von an Kadavern erzeugten Frakturen, typische, immer wieder auftretende Bruchmuster. Diese Bruchmuster wurden später Le Fort I, Le Fort II und Le Fort III Fraktur genannt.(21)

Le Fort wollte mit seiner Arbeit Ordnung in die Beschreibung der Mittelgesichtsfrakturen bringen und zeigen, dass Mittelgesichtsfrakturen die Schädelbasis nicht betreffen.

Außerdem wollte er die Mechanismen dieser Frakturen aufklären, damit Kliniker vom Unfallhergang besser auf bestimmte Frakturformen rückschließen können. Als maßgebend für das Frakturmuster bezeichnet Le Fort die Kopfhaltung, als auch Geschwindigkeit, Richtung, Dauer, Angriffspunkt, Angriffsfläche und Intensität einer am Schädel einwirkenden Kraft. Die Schädeln wurden von Le Fort mithilfe eines Holzblockes, einer Holzkeule oder einer steinernen Tischkante frakturiert.(22)

Die Le Fort Frakturen können in den nachfolgend beschriebenen typischen Formen auftreten. Die Frakturen können aber auch in kombinierter Form oder an jeder Gesichtshälfte unterschiedlich vorkommen.(18) Grundsätzlich entstehen diese typischen Frakturmuster eher durch Einwirkung großflächiger Kräfte. Bei Einwirkung punktförmiger Kräfte entstehen gehäuft atypische Frakturmuster.

Die Ursache für die sich wiederholenden Frakturmuster liegt in der knöchernen Architektur des Gesichtsschädels begründet. Die Stabilität des Gesichtsschädels wird zum einen durch Nasenhöhle, pneumatisierte Nasennebenhöhlen und Augenhöhlen reduziert. Andererseits existieren vertikale und horizontale Verstärkungen des Gesichtsskelettes. Diese Verstärkungen werden durch Knochenpfeiler gebildet. Man bezeichnet sie als Stirn-, Jochbein-, und Flügelgaumenpfeiler.(17)

Diese Knochenpfeiler übertragen den Kaudruck, der durch Kontraktion der Kaumuskelatur von der Mandibula über die Zähne auf die Maxilla geleitet wird, auf den massiv gebauten Gehirnschädel.

Der Stirnnasenpfeiler überträgt den Kaudruck aus dem Bereich der Schneidezähne, über den Processus frontalis maxillae, auf das Stirnbein.

Der Jochbeinpfeiler leitet den Kaudruck von erstem und zweitem Molaren lateral um die Orbita herum. Von dort wird der Kaudruck über den Processus frontalis ossis zygomatici auf die Stirn und über den Jochbogen auf das Schläfenbein übertragen.

Der Flügelgaumenpfeiler überträgt den Kaudruck des zweiten und dritten Molaren über den Processus pterygoideus auf den Corpus ossis sphenoidalis.(1)

Die horizontalen Verstärkungen ergeben sich unter- und oberhalb der Augenhöhle.(18)

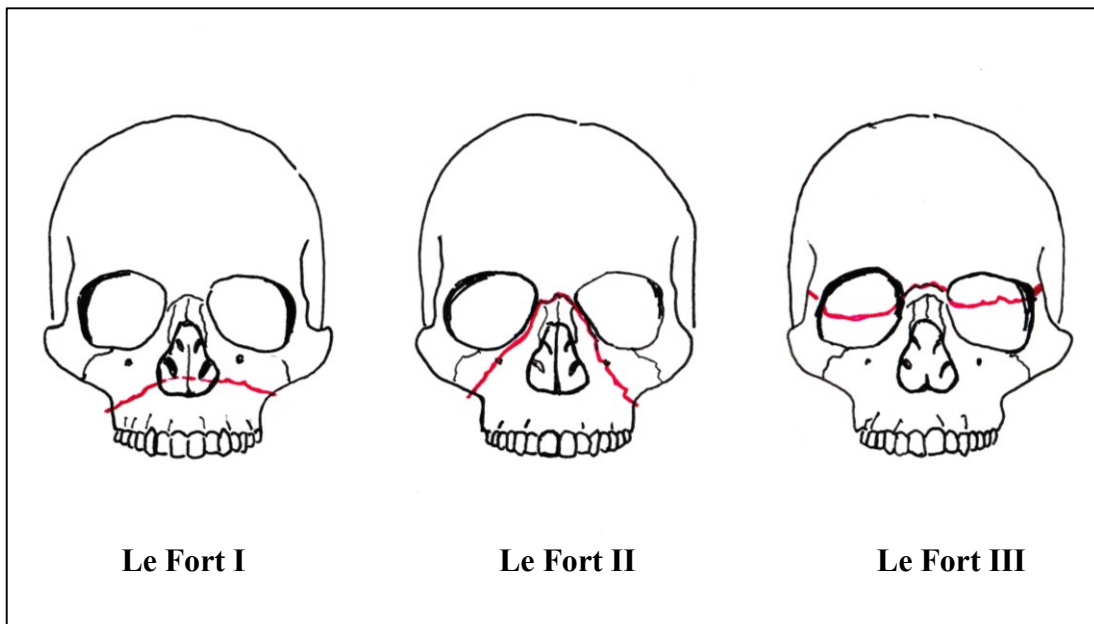


Abbildung 8 *Die Le Fort Frakturen*

#### Le Fort I Fraktur:

Die Le Fort I Fraktur wird gewöhnlich durch eine nach unten gerichtete Kraft auf die Vorderfläche der Maxilla hervorgerufen. Die Gaumenplatte mit dem zahntragenden Anteil wird vom Rest des Oberkiefers abgetrennt.

Die Frakturlinie erstreckt sich durch das knöcherne Nasenseptum, die lateralen Wände der Nasenhöhle, zieht unterhalb der Sutura zygomaticomaxillaris vorbei, quert anschließend die Sutura pterygomaxillaris und frakturiert den Processus pterygoideus horizontal.(22)

#### Le Fort II Fraktur

Bei der Le Fort II Fraktur, auch als Pyramidalfraktur bezeichnet(15), brechen beide Oberkiefer, die Nasenbeine, eventuell ein Teil des Pterygoids und das Nasenseptum vom übrigen Gesichtsskelett ab.(17) Die Frakturlinie quert im Bereich der Sutura frontonasalis und frontomaxillaris die Nasenwurzel, zieht durch das Os lacrimale, erreicht den Orbitaboden, und über den Margo infraorbitalis die faciale Kieferhöhlenwand. Weiters erreicht die Frakturlinie das Tuber maxillae und teilt eventuell den Processus pterygoideus. Danach wendet sie sich über die Lamina perpendicularis auf die mediale Kieferhöhlenwand und gelangt über das Os ethmoidale wieder in den Bereich der Nasenwurzel. Vomer und Nasenseptum frakturieren mit.(18)

### Le Fort III Fraktur

Die Le Fort III Fraktur stellt einen Abriss des Viscerocraniums vom Neurocranium dar. Die Frakturlinie zieht sich durch die Nasenwurzel, die mediale Orbitawand, und durch die Fissura orbitalis inferior. Weiter zieht sie über die laterale Orbitawand Richtung Sutura frontozygomata, trennt den Arcus zygomaticus, frakturiert eventuell das Pterygoid, erreicht die Lamina perpendicularis des Os palatinum und anschließend das Os ethmoidale. Das Nasenseptum und der Vomer frakturieren ähnlich, oder höher wie bei der Le Fort II Fraktur.(18)

Auch wenn die Klassifikation von Le Fort aus heutiger Sicht, durch erweiterte diagnostische Möglichkeiten in der Radiologie, unvollständig ist und Mängel aufweist, findet sie im klinischen Alltag weiterhin Beachtung.

René Le Fort lieferte damit eine der Grundlagen für Mittelgesichtsosteotomien zur Korrektur kraniofazialer Fehlbildungen.(22)

### **Die Ursprünge der Le Fort I Osteotomie**

Die Le Fort I Osteotomie ist nach dem von René Le Fort 1901 beschriebenen Frakturmuster benannt.(18) Eine der Le Fort I Osteotomie ähnliche Operation wurde schon 1859 von Bernhard von Langenbeck zur Entfernung eines nasopharyngealen Tumors beschrieben. Danach wurde 1867 von Cheever eine Operation mit einer Art „Down-Fraktur“, zur Resektion nasaler und nasopharyngealer Tumore durchgeführt. Im Gegensatz zur klassischen Le Fort I Fraktur, wird bei der Le Fort I Osteotomie der Processus pterygoideus nicht durchtrennt, sondern während der „Down-Fraktur“ an der Fissura pterygomaxillaris vom Tuber maxillae abgetrennt.(23) Im Unterschied zur Fraktur sind therapeutisch angelegte Osteotomie- Linien geradlinig und präoperativ penibel geplant.(17) Einen Bericht über die Anwendung der Le Fort I Osteotomie zur Korrektur einer Fehlstellung veröffentlichte Wassmund im Jahr 1927.(18) Nach erfolgter Osteotomie gelang ihm durch postoperative orthopädische Maßnahmen eine Verlagerung der Maxilla. Die erste komplette intraoperative Segment Verlagerung zur Korrektur eines offenen Bisses erfolgt 1934 durch Axhausen.(20) Obweger etablierte in den fünfziger Jahren die

Le Fort I Osteotomie als Routine Operation.(14) Zur weiten Verbreitung der Dysgnathichirurgie haben die Errungenschaften der moderne Anästhesie sowie Entwicklungen auf dem Gebiet der Kieferorthopädie beigetragen. Die kieferchirurgischen Techniken wurden im Laufe der Zeit stetig erweitert.(17)

### **Die Technik der Le Fort I Osteotomie**

Vor Durchführung einer Le Fort I Osteotomie erfolgt in der Regel eine vorbereitende kieferorthopädische Dekompensations-Behandlung.(24) (*siehe Kapitel Präoperatives Management*)

Auch Planungen zur Erreichung eines ansprechenden ästhetischen Gesichtsbildes sind notwendig.(25)

Der Patient wird für den Eingriff in Rückenlage fixiert. Mit Hilfe einer Nackenstütze wird der Kopf in einer neutralen Position gehalten. Die nasotracheale Intubation ermöglicht die intraoperative Überprüfbarkeit der passenden Okklusion und wird deswegen eingesetzt.

Vor der Operation soll man zur Orientierung bestimmte Punkte kennzeichnen, um intraoperativ Messpunkte für die Mobilisation der Maxilla zu haben. Messpunkte können zum Beispiel ein Strich auf Höhe des medialen Epikanthus, oder ein Kirschner Draht im Bereich des Nasion sein.(20) Nach Markierung der Messpunkte werden erste präoperative Messungen vorgenommen.

Durch Einspritzen eines Lokalanästhetikums mit vasokonstriktivem Zusatz im Bereich des bukkogingivalen Sulcus kann man intraoperative Blutungen reduzieren.

Die Inzision wird so getätigt, dass ein mindestens 5mm breiter Streifen freier Gingiva auf dem Poccus alveolaris belassen wird.(20) Dieser mukogingivale Streifen ist neben den ascendierenden und descendierenden palatinalen Gefäßen(8) für die vaskuläre Versorgung des maxillären Osteotomie Segmentes notwendig.(26, 27)

Die Breite dieses Streifens sollte so gewählt werden, dass eine spätere Dehnung des Gewebes kompensiert werden kann und dass am Ende der Operation ein ordentlicher Wundverschluss möglich ist. Ein paar Millimeter mehr können den späteren Wundverschluss erleichtern.

Die Inzision wird mit einem Skalpell oder einem Elektrokauter durchgeführt. Die Mukosa, die Submukosa und das darunter liegende Bindegewebe werden bis zum Periost durchtrennt. Vorsicht ist geboten, nicht in der falschen Schicht Anteile der mimischen

Muskulatur zu verletzen. Verletzungen der mimischen Muskulatur können unnötige Blutungen und Schwellungen verursachen. (20)

Die Schnittführung erfolgt vom zweiten Molar der einen bis zum zweiten Molar der kontralateralen Seite.(18) Medialer und lateraler maxillärer Stützpfiler werden sichtbar. Entlang des gesamten Schnittes sollte eine Elektrokoagulation des Periostes erfolgen. Oberhalb des Schnittes werden Periost und darüber liegende Gewebe vorsichtig nach oben hin mobilisiert. Die Vorderseite der Maxilla wird dargestellt. Die Mobilisation erfolgt bis unter die Foramina infraorbitales. Das infraorbitale Gefäßnervenbündel ist zu schonen. Vorsichtig muss man auch im Bereich der Apertura piriformis vorgehen. Die Nasenschleimhaut soll möglichst intakt bleiben. Der Nasenschlauch wird mit Bedacht mobilisiert, angehoben (20) und nach hinten geschoben.(18) Nach posterior-lateral wird der laterale maxilläre Pfeiler freigelegt. Mit der Präparation fährt man bis zur Fissura pterygomaxillaris fort. Dabei muss der Chirurg aufpassen, nicht in die falsche Schicht zu gelangen und versehentlich den Wangenfettkörper zu erreichen. Die Repositionierung des Wangenfettkörpers kann sehr mühsam sein.

Nach ausreichender Freilegung der Maxilla wird eventuell mithilfe eines Bohrers oder eines sterilen Stiftes die genaue Osteotomie-Linie gekennzeichnet. Die markierte Linie muss mit ausreichendem Sicherheitsabstand über den Apices dentes liegen.(20) Die längsten Wurzeln haben die Canini, mit einer Länge von 26 mm, gefolgt von den Incisivi.(11) Mit Rücksicht auf Canini und Incisivi können die anderen Zahnwurzeln auch sicher erhalten bleiben.(20)

Die Position der Osteotomielinie ist ein wesentlicher Faktor für die Kontur des zukünftigen Mittelgesichtes.(18) Wichtig ist, die Osteotomielinie zumindest im Bereich der Nasenhöhle unterhalb der Concha nasalis inferior zu führen. Dadurch gelingt es Beschädigungen des Ductus nasolacrimalis zu vermeiden. Mit der Säge nimmt man die Osteotomie entlang der vorgezeichneten Linie, jeweils vom lateralen maxillären Pfeiler bis zur Öffnung der Nasenhöhle vor. Mit einem dünnen Osteotom vervollständigt man die Osteotomie der lateralen und medialen maxillären Pfeiler.(20) Mithilfe eines U-förmigen Osteotoms (Septummeißel)(20) oder einer Septumschere(17) trennt man das Nasenseptum von der Maxilla. Während der Osteotomie des medialen maxillären Pfeilers ist der Nasenschlauch zu beachten. Der Nasenschlauch soll nicht perforiert werden. Schließlich trennt man mit einem gebogenen Osteotom, Tuber maxillae und Processus pterygoideus an der Fissura pterygomaxillaris.

Mit dem Finger kann man von intraoral den Hamulus pterygoideus tasten und die richtige Lage des Osteotoms überprüfen.(20)

Nach Vollzug aller vorigen Schritte wird mit dosiertem Druck des Daumens auf den Processus alveolaris die „Down-Fraktur“ vollzogen.(18, 20) Die „Down-Fraktur“ soll durch leichten Druck möglich sein. Kraft darf bei diesem Schritt nur äußerst dosiert angewandt werden, um keine unerwünschten Frakturen, Blutungen oder sonstige Verletzungen zu erzeugen. Sollte das Herunterbrechen des Osteotomie Segmentes nicht mit leichter Kraft durchführbar sein, müssen vorhergegangene Osteotomie Schritte wiederholt und vervollständigt werden.(20)

Wenn nach der „Down-Fraktur“ pulsatile Blutungen auftreten, müssen die beschädigten Gefäße elektrokoaguliert oder ligiert werden.(24) Leichte Blutungen können auch mittels Kompression beherrscht werden. Nach vollständiger Mobilisation des Le Fort I Segmentes ist eine weitere Präparation des Nasenschlauches möglich. Entstandene Perforationen des Nasenschlauches bedürfen einer Versorgung mit Nähten.

Nächster Schritt ist eine Dehnung der Weichgewebe, um eine anschließende Verlagerung des Le Fort I Segmentes zu erleichtern. Diese Dehnung kann per Hand oder mittels Zange erfolgen. Nach erfolgter „Down-Fraktur“ und Weichgewebsdehnung hängt das weitere Vorgehen von den individuellen funktionellen und ästhetischen Operationszielen ab.(20) Grundsätzlich ist eine Verlagerung in allen Raumebenen möglich.

Eine Verlagerung des Segmentes in der sagittalen Ebene nach vorne ist unproblematisch. Bei gewünschter kranial-Verlagerung des Osteotomie Segmentes in der vertikalen Ebene müssen das Septum, der Vomer und die Kieferhöhlenwände gekürzt werden. (17) Eine ungenügende Septum Resektion kann in seltenen Fällen eine Septumdeviation hervorrufen.(18) Bei sehr weiter kranial-Verlagerung kann auch eine Resektion der Conchae nasales inferiores notwendig werden. (17)

Falls in der gewünschten Position größere knöcherne Spalten (>5mm)(18) oder gar Instabilität bestehen, kann man mit kleinen Knochentransplantaten mehr Stabilität erreichen. Eine Verlagerung des Osteotomie Segmentes nach kaudal erfordert meist ein Knochentransplantat. Entnahmestellen dafür können der Gesichtsschädel, der Gehirnschädel oder der Beckenkamm sein.

Heikel ist die posteriore Verlagerung in der sagittalen Ebene, weil sich im posterioren Bereich sensible Strukturen, wie der Plexus pterygoideus, befinden. Eine posteriore Verlagerung ist jedoch aus ästhetischen Gründen ohnehin nur selten indiziert.(17)

Die Verlagerungen des Osteotomie Segmentes werden mithilfe der angelegten Markierungen vollzogen. Um keine pathologische Okklusion zu erzeugen, müssen die Kondylen bei der gegenseitigen Fixierung beider Kiefer zentral in der Fossa mandibularis stehen. Zur Fixierung des Osteotomie Segmentes werden Titanplatten verwendet. Die Platten werden angepasst und im Bereich der maxillären Pfeiler mit zwei Schrauben an jedem Ende fixiert. Danach kann eine gegenseitige Fixierung beider Kiefer wieder gelöst werden. Die Okklusion muss genauestens überprüft werden.

Zuletzt wird mittels absorbierbarer Nähte die Wunde verschlossen. Eine Magensonde kann für vierundzwanzig Stunden belassen werden, um Erbrechen vorzubeugen.(20)

### **Präoperatives Management**

Die Indikation zur Dysgnathiechirurgie wird durch ein Behandlungsteam bestehend aus Kieferchirurgen, Kieferorthopäden und gegebenenfalls Logopäden gestellt. Präoperativ soll eine gemeinsame kieferchirurgisch- kieferorthopädische Operationsplanung erfolgen. In der Regel sind kieferorthopädische Vorbehandlungen notwendig. Bei einer skelettalen Dysgnathie entstehen fast immer sekundär dentoalveoläre Kompensationsmechanismen. Ziel der kieferorthopädischen Vorbehandlungen ist es, die gegebenenfalls vorhandenen dentoalveolären Kompensationsmechanismen rückgängig zu machen und die Zahnbögen zur jeweiligen Kieferbasis auszurichten. Dieses Vorgehen wird als **präoperative Dekompensationsbehandlung** bezeichnet und führt oft zur weiteren Akzentuierung einer Fehlokklusion.

Bei Patienten mit funktionellen Störungen, wie z.B. einer Zungenfehlhaltung, kann eine präoperative **logopädische Behandlung** notwendig sein.(14)

### **Modelloperation und Splinterstellung**

Ein wichtiges Element der Operationsplanung und interdisziplinären Kommunikation ist die Modelloperation. Anhand von aufgesockelten Gipsmodellen wird, bei der Modelloperation, die Kieververlagerung im Artikulator simuliert. Die angestrebte Einstellung der Kieferbasen zueinander wird mit einem **Okklusionssplint** fixiert. Durch den Okklusionssplint kann das Ergebnis der Modelloperation auf die intraoperative Situation übertragen werden.

Bei bignathen (beide Kiefer betreffenden) Eingriffen werden sowohl ein Okklusionssplint, als auch ein Zwischensplint benötigt. Das zuerst osteotomierte Kiefer wird intraoperativ mithilfe des Zwischensplintes im richtigen Ausmaß verlagert und anschließend fixiert. Danach kann das korrespondierende Gegenkiefen anhand des Okklusionssplintes richtig zum zuvor fixierten Kiefer eingestellt werden.

Nach erfolgter Modelloperation ist bereits eine Aussage über die voraussichtlichen Auswirkungen auf das Gesichtsprofil möglich.(14)

### **Typische Anwendungsgebiete der Le Fort I Osteotomie**

Die Le Fort I Osteotomie ermöglicht eine Verlagerung des Osteotomie Segmentes in allen drei Raumebenen.(18) Dadurch ergibt sich die Möglichkeit zur Korrektur zahlreicher Kiefer Fehlstellungen.(20) Die drei häufigsten Kieferfehlstellungssyndrome sind **Distalbiss** (Klasse II/1), **Deckbiss** (Klasse II/2) und **Progenie** (Klasse III).(20)

#### Distalbiss (Klasse II/1)

Der Symptomenkomplex des Distalbisses umfasst neben der Angle Verzahnungsklasse II, eine Unterkieferrücklage, eine eingezogene Mentolabialfalte, eine protrudierte obere Front sowie einen tiefen Biss.(19)

#### Deckbiss (Klasse II/2)

Der Oberkiefer umgreift schachtelförmig den Unterkiefer. Es besteht eine Verzahnungsklasse Klasse II nach Angle, eine retroklinierte Oberkieferfront und eine Unterkieferrücklage.(19)

#### Progenie (Klasse III)

Es besteht eine Klasse III Verzahnung nach Angle mit Unterkiefer- und Kinnvorlage sowie eine verkehrte sagittale Stufe mit inversem Overjet.(28)

Neben diesen typischen Fehlstellungssyndromen findet die orthognathe Chirurgie auch Anwendungen bei Gesichts Asymmetrien, bei Fehlbildungssyndromen wie Lippen- Kiefer- Gaumen Spalten, Kiemenbogensyndromen(17) oder beim obstruktiven Schlaf Apnoe Syndrom OSAS.(14) Eine Verengung der Luftwege kann zum obstruktiveen Schlafapnoe Syndrom OSAS führen. Eine Le Fort I Osteotomie oder kombinierte Osteotomien können durch Vorverlagerung der Kiefer den Luftweg erweitern.(29)

Durch die Kombination mit anderen chirurgischen Techniken wird das Anwendungsgebiet der Le Fort I Osteotomie weiter vergrößert. Ergänzende Segmentierungen ermöglichen sowohl Verschmälerungen als auch Verbreiterungen des Zahnbogens. Auch eine Nivellierung der Okklusionsebene kann erreicht werden.(17)

In selten Fällen werden Le Fort I und Le Fort III Osteotomien miteinander kombiniert. Sinnvoll kann dieses Vorgehen sein, um eine sehr weite Vorverlagerung des Oberkiefers, ohne ästhetisch ungünstige Veränderungen des Mittelgesichtes, zu erreichen. (18)

## **Postoperatives Management**

### Medikamentöse Maßnahmen:

- Zur Reduktion postoperativer Schwellung kann man bereits intraoperativ mit einer **Kortisontherapie** beginnen. Eine Applikation über 36 Stunden oder eine einmalige Stoßtherapie sind etabliert.

-Die **antibiotische Infektionsprophylaxe** mit einem Breitbandantibiotikum beginnt intraoperativ und soll für drei Tage fortgeführt werden.(30)

-gegebenenfalls analgetische Behandlung

### Allgemeine Maßnahmen:

Zur Behandlung der postoperativen Schwellung können zusätzlich zur Kortisontherapie kühlende Auflagen eingesetzt werden. Die Schwellung geht üblicherweise in den ersten zwei Wochen nach der Operation zurück.

Um Infektionen vorzubeugen ist es notwendig, postoperativ auf eine entsprechende Mundhygiene zu achten und regelmäßige Mundspülungen vorzunehmen.(30)

Die Ernährung erfolgt postoperativ mittels flüssiger oder passierter Nahrung. Bis zur knöchernen Rekonsolidierung sollte auf harte Nahrungsmittel verzichtet werden.(18)

Eine präoperativ wegen muskulären Fehlfunktionen begonnene logopädische Behandlung muss in der Regel fortgeführt werden.

Patienten mit Kronen und Brücken bedürfen eventuell einer Neuversorgung zur Anpassung an die neue Okklusion(17)

#### Nachkontrolle:

Um muskuläre Fehlfunktionen, Fehlokklusionen und Wundinfektionen frühestmöglich zu erkennen sind postoperativ wöchentliche Kontrollen erforderlich. Nach knöcherner Konsolidierung ist die weitere Feineinstellung der Okklusion wieder Aufgabe des Kieferorthopäden.

Die Entfernung des Osteosynthese-Materials kann unter Lokalanästhesie(30), frühestens nach einem halben Jahr erfolgen.(18)

### **Komplikationen der Le Fort I Osteotomie**

Die Le Fort I Osteotomie zählt zu den am häufigsten durchgeführten Eingriffen in der elektiven Kieferchirurgie und geht bei einem Großteil der Patienten mit einer großen Langzeitzufriedenheit einher. Wichtig für die Patienten Zufriedenheit ist eine ausführliche präoperative Aufklärung über mögliche peri- und postoperative Komplikationen.(31)

Peri- und postoperative Komplikationen verschiedenster Schweregrade im Zusammenhang mit einer Le Fort I Osteotomie wurden von Kramer et al.(32) mit einer Prävalenz von 6,4% bei 1000 behandelten Patienten quantifiziert. Auch kleiner angelegte Arbeiten belegten eine ähnliche Komplikationsrate. De Mol van Otterlo et al.(33) beziffern Komplikationen bei einer Anzahl von 410 Patienten mit 9,0%, und Tung TC et al.(34) vor einigen Jahren mit 6,1% bei 146 Patienten.

Neben allgemeinen Operationskomplikationen, sind spezielle Komplikationen von der durchgeführten Technik abhängig.

Die Erfahrungen auf dem Gebiet der Le Fort I Osteotomie haben in den letzten Jahrzehnten zu verbesserten Operationsergebnissen, höherem Patientenkomfort und kürzeren

Operationszeiten geführt.(35) Die Le Fort I Osteotomie zählt heute somit zu den Routine Operationen.

Für den Chirurgen, den Kieferorthopäden und besonders für den Patienten ist die Kenntnis möglicher Komplikationen essentiell.

Die Art der operationsspezifischen Komplikationen umfasst einen weiten Bogen an Symptomen mit unterschiedlicher Ausprägung. Viele der gehäuft auftretenden postoperativen Beschwerden, wie Hypästhesie der Lippen, werden von Patienten als nicht lebensbeeinträchtigend beschrieben. Weitere vermehrt auftretende, harmlose Komplikationen sind eine verzögerte Wundheilung oder leichtes Nasenbluten(32)

Ein gesteigertes Komplikationsrisiko besteht bei anatomischen Irregularitäten, wie Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Gefäß Variationen oder Gesichtsfehlbildungen. Patienten mit anatomischen Irregularitäten sollen über die erhöhte Komplikationsrate aufgeklärt werden.(32) Weitere Operationsrisiken sind Unerfahrenheit des Chirurgen sowie ungenügende Operationsplanung und Vorbereitung.(36) Für gesunde Patienten ist das Operationsrisiko niedrig und lebensbedrohliche Komplikationen sind äußerst gering. Bestimmte operative Vorgehensweisen wie exzessive Verlagerung des Osteotomie Segmentes, sagittale Segmentierung oder transversale maxilläre Segmentierung konnten als Risikofaktoren für eine erhöhte Komplikationsrate identifiziert werden.(32)

### Nervenschädigung

Eine Le Fort I Osteotomie bedingt, durch die direkte Durchtrennung sensibler Nerven, eine Schädigung der sensiblen Versorgung der Zähne und weiter Teile der Oberkieferschleimhaut(18) Die postoperative Regeneration der Sensibilität ist jedoch vielversprechend (37). Dauerhafte Zahn Desensibilität kann bestehen bleiben. Eine Schädigung des N. infraorbitalis kann trotz operativer Schonung vorkommen und zu Missempfindungen im Bereich der Lippen(38) führen. Dabei handelt es sich meist um eine Neuropraxie(39), welche gute Heilungstendenzen aufweist.(26)

Äußerst selten wird von Beeinträchtigungen der Hirnnerven II, III, VI, X, XII nach durchgeführter Le Fort I Osteotomie berichtet. Die Ursachen dafür reichen von unvorteilhafter Fraktur des Pterygoides mit anschließendem Hämatom, Sinus cavernosus Thrombose, Aneurysma Ruptur bis zum orbitalen Kompartmentsyndrom.(40)

Von einer vorübergehenden motorischen Läsion durch Schädigung des N. facialis wird in einem Fallbericht einer kombinierten Le Fort I Osteotomie mit BSSO berichtet.

Wahrscheinlich ist in diesem Fall die Nervenschädigung durch rückwärtsgerichteten Druck auf den aufsteigenden Unterkieferast und damit auf die mandibuläre Osteotomie zurückzuführen.(41) Mögliche Pathomechanismen könnten auch ein Bruch des Processus styloideus oder ein den retromandibulären Raum einengendes Hämatom sein.(18)

### Hämorrhagien

Der durchschnittliche Blutverlust bei Le Fort I Osteotomien beträgt ungefähr 700ml und ist bei kombinierten Osteotomien höher.(35) Induzierte Hypotension (39, 42), lokaler Einsatz von vasokonstriktiven Lokalanästhetika und eine kurze Operationsdauer könne den Blutverlust minimieren(30). Milde Epistaxis kann nach Le Fort I Osteotomien häufig beobachtet werden. Schwere Epistaxis ist eher eine Rarität.(43) Zu den schweren Komplikationen zählen Blutungen, welche eine Bluttransfusion erforderlich machen. Als Blutungsursache können Verletzungen der Arteria und Vena maxillaris(32), des venösen Plexus pterygoideus, der A. palatina descendens,(39) und der A. sphenopalatina genannt werden(30). Diese vaskulären Verletzungen entstehen gehäuft während dem kritischen Schritt der „Down-Fraktur“. Eine bedeutende Rolle könnte das Auftreten anatomischer Varietäten für die Komplikation der Hämorrhagien spielen.(32) Blutungen müssen gegebenenfalls durch Kauterung oder Ligatur des Gefäßes gestillt werden. Im Bereich der Nasenhöhle ist meistens eine Tamponade zur Blutstillung ausreichend.(30)

### Infektionen

Trotz antibiotischer Therapie können Infektionen nach orthognathen Operationen in seltenen Fällen auftreten. Je nach Art und Dauer der antibiotischen Therapie, als auch von der jeweiligen Operationsdauer abhängig, wird von unterschiedlichen Häufigkeiten zwischen 2% bis 23% berichtet.(18) Laut Kramer et al.(32) zählt eine Infektion nach vorangegangener Le Fort I Osteotomie mit nur 1.1% zu den seltenen Ereignissen. Infektionsbegünstigend wirkt eine schlechte Mundhygiene sowie Zigarettenrauchen. Speichel, Speisereste und Blut können eine ideale Wachstumsgrundlage für Bakterien liefern.(36) Mögliche seltene infektiöse Ereignisse sind Abszesse, eine Sinusitis maxillaris (32) oder eine Aktinomykose.(44)

### Zahnschäden

Zahnschäden können durch Verletzungen der Zahnwurzeln während der Osteotomie passieren. Wurzelverletzungen treten eher bei vertikal angelegten Segmentierungen, als bei horizontalen Osteotomien auf. In fast 90% der Fälle tritt eine ausreichende Heilung auf.(18)

### Nasenseptumdeviation

Eine Nasenseptumdeviation gehört zu den seltenen Komplikationen (1.6.% *Kramer et al.(32)*). Verantwortlich kann die ungenügende Kürzung des Nasen Septums nach kranialer Verlagerungen des Osteotomie Segmentes sein.(18)

### Mittellinienabweichung

Die falsche Positionierung des Osteotomie Segments kann durch Planungsfehler bedingt sein und zu einer Mittellinienabweichung der Zähne gegenüber der Gesichtsmitte führen.(30)

### Frakturen

Bei unvorsichtigem Vorgehen können während verschiedener Operationsschritte unerwünschte Frakturen entstehen. Frakturen im Bereich des Processus pterygoideus können auch die Schädelbasis mitbetreffen.(30)

### Rezidive

Es gibt in der Literatur viele unterschiedliche Definitionen zu Rezidiven in der orthognathen Chirurgie. Normalerweise versteht man unter einem Rezidiv das Wiederauftreten einer Krankheit. In der orthognathen Chirurgie versteht man unter einem Rezidiv das Wiederauftreten einer Dysgnathie. Man kann Rezidive anhand des Ausmaßes in **Teilrezidive** oder **Totalrezidive** einteilen. Totalrezidive sind eine äußerst seltene Erscheinung in der Dysgnathie Chirurgie. Teilrezidiven begegnet man aber öfters. Ursache

dafür ist, dass der Kieferknochen in einem dynamischen Gleichgewicht von Ab- und Aufbau steht. Wenn nach einer Umstellungsosteotomie die Dysgnathie auslösenden Ursachen nicht beseitigt werden, können die gleichen Mechanismen wieder zu einer Dysgnathie führen.(14)

Abhängig vom zeitlichen Auftreten der Rezidive unterscheidet man **Frührezidive** von **Spätrezidiven**.

Ein Frührezidiv tritt unmittelbar postoperativ oder nach Entfernung der intermaxillären Fixierung auf. Ursache für ein Frührezidiv kann eine falsche Segment Positionierung wegen mangelhafter Operationsplanung und Vorbereitung sein.

Ein Spätrezidiv tritt erst nach einigen Monaten bis Jahren auf. Wenn eine Umstellungsosteotomie noch vor Abschluss der Wachstumsphase durchgeführt wird, kann im ungünstigsten Fall durch weiteres Wachstum ein Spätrezidiv entstehen. Postoperativ unvorteilhafte Zahnkontakte oder falsche Führungen können auch Spätrezidive bedingen.(18)

#### Verzögerte Knochenheilung

Sehr selten kann es durch ungenügende Fixierung, Bruch des Osteosynthese-Materiales oder knöcherne Instabilität zu verzögerter Knochenheilung kommen. In diesen Fällen kann eine weitere Operation indiziert sein.(38)

#### Atemwegskomplikationen

Die kranial-Verlagerung der Maxilla kann wegen Verengung der Nasenhöhle zu behinderter Nasenatmung führen. Eine eingeschränkte Nasenatmung, durch ausgeprägte postoperative Hämatome, ist nach wenigen Tagen rückläufig.(30)

#### Ischämische Komplikationen

**Ischämie:** Als Ischämie (*gr. ἰσχεῖν zurückhalten, hindern; -ämie*) bezeichnet man die mangelhafte oder fehlende arterielle Perfusion eines Gewebes. Durch länger andauernde Ischämie kommt es zu Hypoxie und Nekrose.(16)

Ischämien und daraus resultierende Nekrosen können nach maxillären Osteotomien in verschiedenen Ausprägungen auftreten.(26) Postoperative Minderperfusion kann zu Komplikationen wie Zahnfleischwund, eingeschränkter Zahnvitalität, Verlust von Zähnen, Nekrose dentoalveolärer Segmente bis zu Nekrose größerer maxillärer Anteile führen.(26, 32, 45)

Kramer et al.(32) bezifferten in einer prospektiven Studie mit 1000 Le Fort Osteotomien das Auftreten schwerer ischämischer Komplikationen mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.8%. Schwere ischämische Komplikationen sind zwar sehr selten, aber durch ihre Auswirkungen schwerwiegend. Vor allem bei jungen und gesunden Patienten, die sich einer elektiven Operation unterziehen.

In der wissenschaftlichen Literatur gibt es nur spärlich Berichte über ischämische Nekrosen nach maxillären Osteotomien.(26, 46)

Dass schwere ischämische Komplikationen, aufgrund fehlender Publikationen, ein nicht ausreichend wahrgenommenes Problem darstellen, lassen Gespräche mit erfahrenen Kieferchirurgen vermuten.

Auch die Arbeit von Lanigan(26) macht auf die Komplikation ischämischer Nekrosen nach maxillären Osteotomien aufmerksam. Mit einem an amerikanische Oral- und Kieferchirurgen gesandten Fragebogen, sammelte er über 36 Fallberichte schwerwiegender ischämischer Probleme. Die Fälle reichen von Zahn Devitalität bis zu Nekrose großer maxillärer Segmente. In Chirurgen Kreisen kursieren Geschichten über Totalnekrosen der Maxilla. Bestätigungen über derartige Ereignisse, von manchen Autoren ohnehin nur für Anekdoten gehalten(26), konnten trotz intensiver Literaturrecherche nicht gefunden werden.

Die Nekrose einer gesamten Maxilla ist nach schwerer traumatischer Verletzung mit anschließender Infektion wissenschaftlich belegt.(47)

Die vaskulären Grundlagen für maxilläre Osteotomien wurden in Tierversuchen ausführlich erforscht. (26, 27, 48-50) Dabei wurde von Bell et al. die maxilläre Vaskularisation mit histologischen und angiographischen Techniken intensiv untersucht. Für die Gewährleistung einer ausreichenden Perfusion identifizierte Bell einen intakten palatinalen oder einen intakten bukkal- labialen Gefäßstiel.(26)

Die Blutversorgung des Le Fort I Osteotomie Segmentes erfolgt über die A. pharyngea ascendens, die A. palatina ascendens, kleinere Ästchen der A. facialis im bucco-gingivalen Sulkus, sowie im Optimalfall aus einer erhaltenen A. palatina descendens mit ihren Ästen (A.palatina major et minores).(51)

Üblicherweise kommt es postoperativ zu einer leichten, reversiblen Ischämie und einer minimalen Osteonekrose. Am empfindlichsten gegenüber Ischämie ist das Gebiet der anterioren Maxilla.(26) Besonders die Pulpa ist von Minderperfusion betroffen.(52) Intraossäre Ischämie betrifft vermehrt die Canini und den sie umgebenden Knochen(26, 53). Normalerweise tritt in Folge eine rasche Heilung und Revaskularisation auf, sodass die Ischämie meist nur vorübergehend besteht.(54, 55) Im klinischen Alltag wird wegen unzureichender Tests und fehlender Zeichen eine leichte Minderperfusion meist übersehen. Sensibelster Parameter ist die Vaskularisation der Pulpa.(26)

## Methoden

### Material

Für die Diplomarbeit wurden mit Thiel'scher Lösung konservierte Präparate verwendet, die vom Institut für Anatomie der Medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt wurden. Bei den verwendeten Präparaten handelt es sich um Schädelhälften mit Halseingeweiden und Muskulatur, an welchen zuvor von Studenten in Sezierungsbildungen präpariert wurde. Die Thiel'sche Lösung hat gegenüber den üblichen formalinhaltigen Fixationslösungen den Vorteil, Gewebe in ihrer Farbe, Beweglichkeit und Konsistenz naturgetreuer zu konservieren.(56, 57)

Für die Untersuchung wurden Präparate, die in den relevanten anatomischen Regionen möglichst intakt waren und bei denen eine arterielle Latex Injektion durchgeführt wurde, ausgewählt. Durch die Injektion einer roten Gummi Latex Lösung erscheinen die Arterien deutlicher sichtbar und sind dadurch leichter zu präparieren.(58)

Präparate bei denen für die Diplomarbeit relevante anatomische Strukturen, wie zu untersuchende Gefäße, reseziert waren oder bei denen keine ausreichende Füllung der kleinen Arterienäste erfolgt war, wurden aussortiert.

Insgesamt wurden von über 120 Schädelhälften 35 Stück für die Diplomarbeit ausgewählt. Während der Präparation wurden weitere fünf Präparate ausgeschieden.

Schlussendlich konnten 30 Präparate (17 männlich, 12 weiblich, 1 unbekannt) von 23 unterschiedlichen Personen stammend, untersucht werden.

Bei sieben Schädelhälften wurde die jeweilig korrespondierende Gegenseite mituntersucht. Das durchschnittliche Lebensalter der 23 Personen, von denen die untersuchten Präparate stammen, betrug 74,6 Jahre.

In den zuvor erfolgten studentischen Sezierungsbildungen wurde nach dem Schema des Grazer topographisch-anatomischen Sezierungskurses vorgegangen. Dabei werden die Kopf-und Halsregionen schichtenweise seziiert. Im Laufe der Sezierungsbildungen wird die Wirbelsäule in der Articulatio atlantooccipitalis vom Kopf getrennt und der Schädel mit verbliebenen Halsweichteilen in der Median Ebene gespalten.(59)

Für die Untersuchung relevante, bereits ganz oder teilweise präparierte Regionen, waren das Trigonum caroticum mit den Ästen der A. carotis externa, das Spatium

parapharyngeum mit teilweise dargestellter A. palatina ascendens, die Nasenhöhle, sowie die Übergangsregion zwischen Nase und Pharynx mit einem von nasalwärts eröffneten Canalis palatinus mit deszendierenden palatinalen Gefäßen.

Der Präparationsfortschritt der ausgewählten Präparate war zu Beginn dieser Arbeit unterschiedlich weit. Einige wenige Präparate waren nur oberflächlich präpariert und in den für die Untersuchung relevanten Regionen weitgehend unversehrt.

## **Präparation**

Die Präparation erfolgte makroskopisch mit Skalpell und Pinzette unter teilweiser Zuhilfenahme einer Lupenvergrößerung. Dazu wurden die Präparate zur besseren Handhabbarkeit auf einer Korkplatte mit Nadeln fixiert.

Ziel der Präparation war es festzustellen, welche arteriellen Gefäße von rachenwärts kommend den weichen Gaumen erreichen, dort die knöcherne Gaumenplatte (entspricht dem Le Fort I Segment) sowie das palatinale Gefäßnetz speisen und welche anatomischen Varianten es dabei gibt. Wie in den Kapiteln „Die Technik der Le Fort I Osteotomie“ und „Ischämische Komplikationen“ erwähnt, spielen die am Pharynx und im parapharyngealen Raum aufsteigenden Gefäße (A. palatina ascendens, A. pharyngea ascendens) eine wichtige Rolle zur Gewährleistung einer ausreichenden arteriellen Versorgung des osteotomierten Le Fort I Segmentes(8).

Ein besonderes Interesse galt bei dieser Untersuchung der Suche möglicher Gefäßvarianten, deren Bestehen einen Risikofaktor für postoperative Minderperfusion oder Knochennekrose des osteotomierten Segmentes bei Le Fort I Osteotomie darstellen könnte.

Die A. palatina ascendens, welche normalerweise den weichen Gaumen erreicht(1) und sich dort verzweigt, ist eine wichtige Arterie für das Le Fort I Segment(8) und wurde von ihrem Ursprung bis zu ihren Endästen präpariert. Die Präparation des Gefäßursprunges im Trigonum caroticum war notwendig um mit Sicherheit die Identität und Herkunft dieses Gefäßes feststellen zu können. Anschließend wurde die Situation der Gefäßverzweigung am Gaumen sowie bestehende Anastomosen mit der A. pharyngea ascendens studiert.

In ähnlicher Weise wurde die A. pharyngea ascendens präpariert. Augenmerk lag ebenfalls auf den Ursprungsverhältnissen, den abgegebenen Ästen und besonders einem in der

anatomischen Nomenklatur nicht erwähnten Ast(7). In der Literatur als „anterior branch“, vorderer Ast(8) oder R. tubae auditivae(6) bezeichnet, biegt dieser Ast unter der Schädelbasis Richtung Tuba auditiva um. Dieser Ast zerfällt im weiteren Verlauf in mehrere Ästchen, welche teilweise bis an das Gefäßnetz des weichen Gaumens herantreten.

Genau wurde bei jedem Präparat der weiche Gaumen mit den dortigen Arterien und speziell den an die knöcherne Gaumenplatte herantretenden Gefäßen untersucht.

Ursprünglich war es im Rahmen dieser Arbeit auch geplant die Gefäßsituation im bukkogingivalen Sulkus zu analysieren. Neben den aufsteigenden palatinalen Gefäßen und eventuell intakter Aa. palatinae descendentes stellen die Gefäße im bukkogingivalen Sulkus einen weiteren, wenn auch wegen der kleineren Gefäßdurchmesser einen weniger bedeutenden Pfeiler in der Versorgung des Le Fort I Segmentes dar(8). Aufgrund der im studentischen Sezierkurs erfolgten Präparationen der Regio buccalis sowie der Fossa infratemporalis waren in dieser Region keine aussagekräftigen Untersuchungen mehr möglich.

## **Vermessungen**

Gefäßdurchmesser wurden mithilfe eines Messschiebers der Firma Hahn+Kolb Werkzeug GmbH (Modell: Atorn CI 902061) mit einer auf 0.05mm genauen Noniuskala abgemessen.

Je nach Präparationstechnik waren die zu messenden Gefäße mit unterschiedlich viel Bindegewebe umgeben. Die Füllung der Gefäßlumina war teilweise inhomogen. Aufgrund der Ungenauigkeit im Zehntel Millimeter Bereich, der unterschiedlich dicken Gefäßwände und teils inhomogener Gefäßfüllung stellen die gemessenen Werte nur zur Orientierung dienende, ungefähre Richtwerte dar.

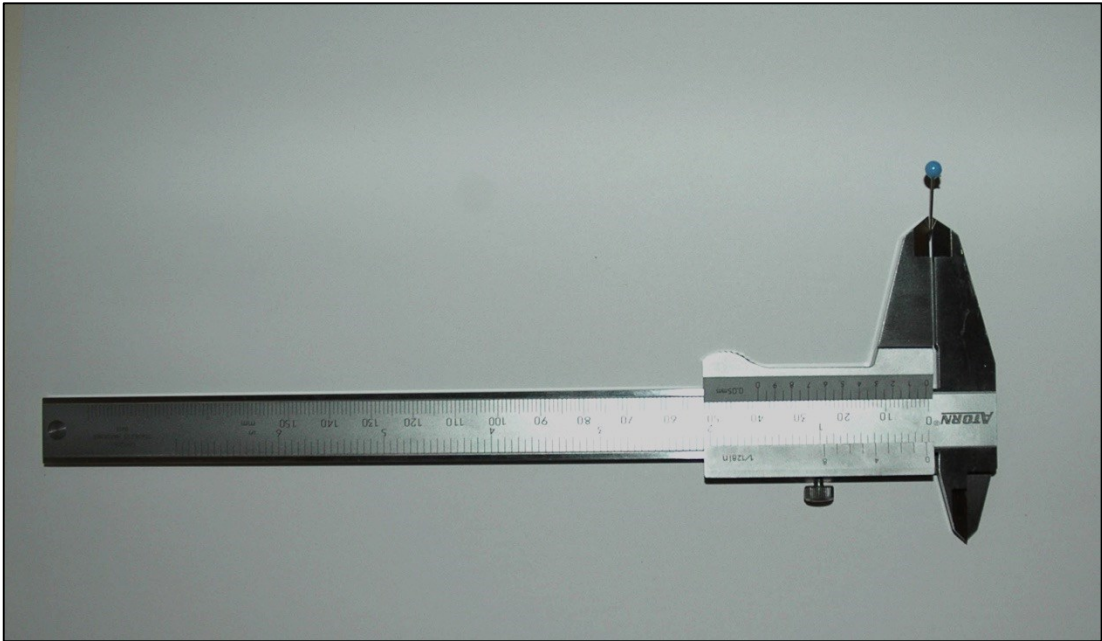


Abbildung 9 *Messschieber Atorn CI 902061 (Hahn+Kolb Werkzeug GmbH) mit eingespannter Nadel*

## Ergebnisse

Die folgende Tabelle enthält alle untersuchten Präparate, die entsprechende Gefäßsituation am Gaumen sowie den Ursprünge von A. pharyngea/ palatina ascendens.

*APA*= A. palatina ascendens ; *APHA*= A. pharyngea ascendens; *Ra* = R. antierius der APA (am Gaumen mehrere Äste meist <0,5mm);

*d1*= Durchmesser in mm am Gefäßursprung; *d2*= Durchmesser in mm am Gaumen;

*a*=abgeschnitten; *Bif*= Karotis Bifurkation; *E*= A. carotis externa; *F*= A. facialis; *I*= A. carotis interna; *O*= A. occipitalis;

N°/ Seite	APA	APA d1	APA d2	APHA	APHA d1	Ra d2
C03 L	-	-	-	E	1,9	1,2
C06 R	F	1,55	0,8	I	1	<0,5
C06 L	F	1,35	1	a	-	<0,5
C07 R	F	1,7	1,5	E	1	<0,5
C14 L	-	-	-	Bif	2	1,5
C19 R	a	a	0,5	E	0,85	<0,5
C21 L	F	1,45	1,2	E	a	-
C22 R	APHA	0,9	0,75	E	0,85	<0,05
C22 L	E	1,35	0,7	O	R.a 0,6*	<0,5
C23 R	a	a	0,5	a	-	<0,5
C26 R	F	0,6	0,4	a	0,9	<0,5
C36 R	E	1,1	a	E	2	<0,5
C36 L	a	a	0,45	a	-	<0,5
C40 L	E	0,9	0,6	E	1,1	<0,5
C46 R	E	1	0,95	E	1,15	<0,5
C46 L	E	1,3	1,2	E	2,1	<0,5
C52 R	a	-	1,5	a	-	<0,5
C66 R	F	1	0,9	a	-	<0,5
C66 L	F	1,3	0,45	E	2	<0,5
C67 R	F	2x0,5	0,4	E	1	<0,5
C67 L	-	-	-	E	2	1,4
C76L	a	-	1	a	-	-
C87 L	F	0,95	0,5	a	-	<0,5
C88 L	F	1,6	0,85	E	1,95	<0,5
B180 R	F	0,9	0,8	E	0,7	<0,5
B218 R	a	-	1,1	E	1,7	<0,5
B218 L	F	1,15	0,9	E	2	<0,5

B238 L	a	-	0,9	E	1	0,65
B239 R	a	-	0,85	E	1,1	<0,5
??? R	a	-	0,45	a	-	<0,5

Tabelle 1

*\*bei Präparat C22 L gehen mehrere der A. pharyngea ascendens entsprechende Äste aus der A. occipitalis ab*

Anschließend werden die gefundenen arteriellen Versorgungstypen beschrieben und mit Fotos demonstriert. Bei den meisten Präparaten wurde ein sich am Gaumen annähernd gleichender Versorgungstyp vorgefunden der nachfolgend als „Häufigster Versorgungstyp“ beschrieben wird.

Bei einigen Präparaten finden sich bekannte Variationen der Ursprungsverhältnisse der A. palatina und A. pharyngea ascendens.(60) Eine bei drei Präparaten vorherrschende Gefäß Variante könnte möglicherweise eine Ischämie des Le Fort I Segmentes begünstigen und wird im letzten Kapitel diskutiert.

## **Häufigster Versorgungstyp**

Die **A. palatina ascendens** entspringt am häufigsten aus der A. facialis (*Statistik siehe Abbildung 16; 17*).

Sie gibt auf unterschiedlichen Höhen variable Rr. pharyngeales zur Pharynxwand und den Mm. constrictores pharynges sowie einen variablen R. tonsillaris zur Tonsilla palatina ab. Die A. palatina kommuniziert über die eben genannten Ästen, welche das arterielle Gefäßnetz des Pharynx speisen, mit Ästen der A. pharyngea ascendens. (*siehe Abbildung 10; 11; 14*)

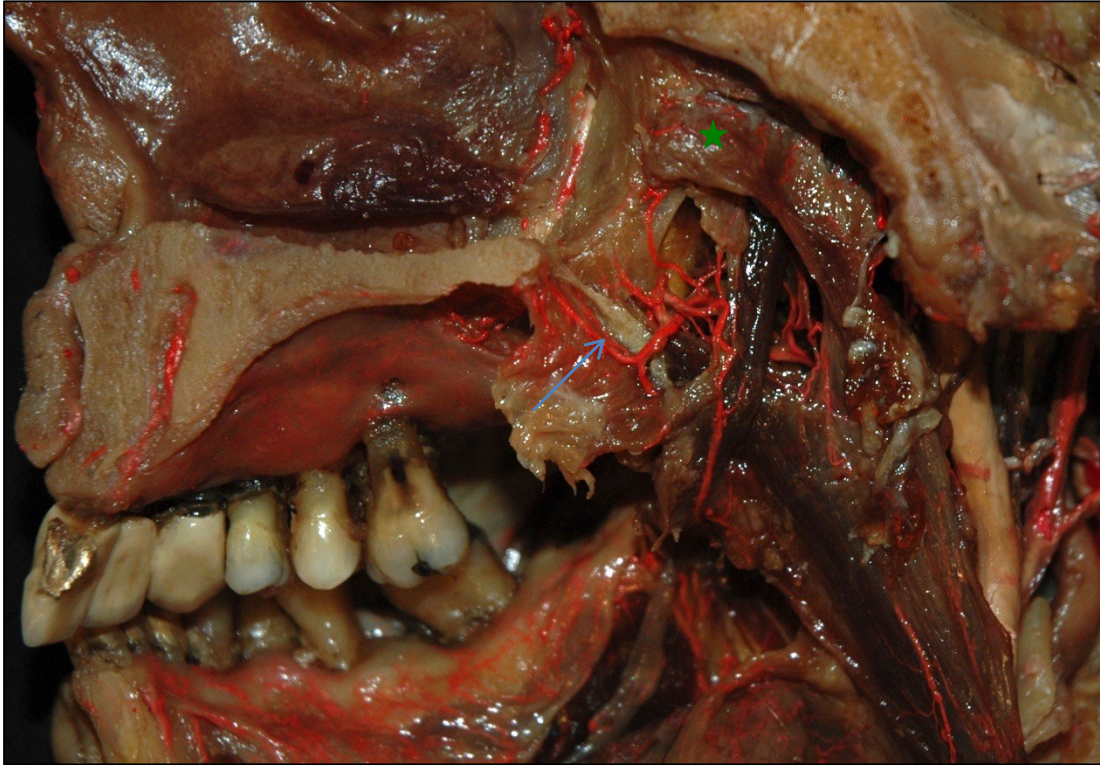


Abbildung 10

*Häufigster Versorgungstyp; A. palatina asc. (blauer Pfeil); Tuba auditiva (grüner Stern)*

### Situation am Gaumen

Die A. palatina ascendens erreicht zwischen M. levator veli palatini und M. tensor veli palatini als ein für den Gaumen bedeutendes Gefäß mit einem Durchmesser von 0,5mm bis 1,5mm das Palatum molle. Unter der Aponeurosis palatina kommt sie bogenförmig bis zur Spitze der Uvula und speist mit kleinen Ästen ein Netz an Kollateralen. Einige dieser Äste ziehen nach ventral zur knöchernen Gaumenplatte und treten in sie ein oder ziehen in der Bindegewebsschicht unter der knöchernen Gaumenplatte weiter (*siehe Abbildung 12*)

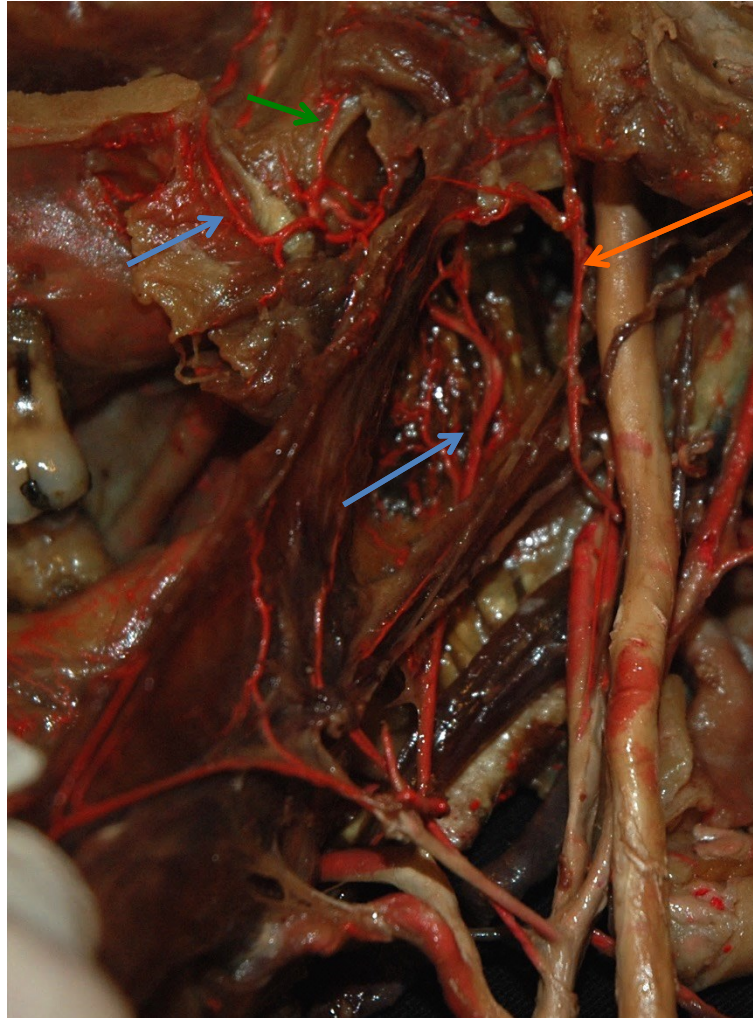


Abbildung 11 *A. palatina asc.* (blaue Pfeile) und *A. pharyngea asc.* (oranger Pfeil); Anastomose zwischen *A. pharyngea asc* und *A. palatina asc.* (grüner Pfeil); Pharynx nach ventral verlagert

Außerdem sendet die *A. palatina ascendens* im Bereich des *M. levator veli palatini* und *M. tensor veli palatini* kleine Äste nach kranial Richtung *Tuba auditiva* und *Rachendach*. Die nach kranial ziehende Äste bilden Anastomosen mit den von oben kommenden Gefäßen des *R. anterior* der *A. pharyngea ascendens* (siehe *Abbildung 13; 14*)

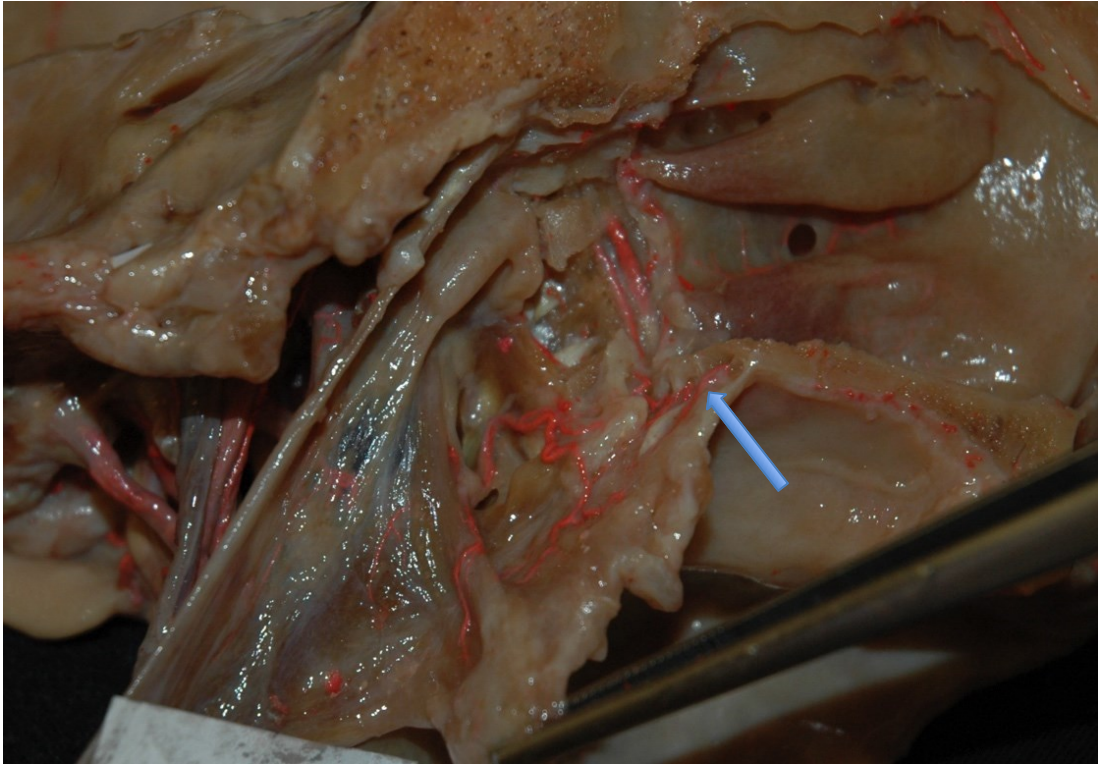


Abbildung 12 *In die knöcherne Gaumenplatte eintretende Äste der A. palatina asc. (blauer Pfeil)*

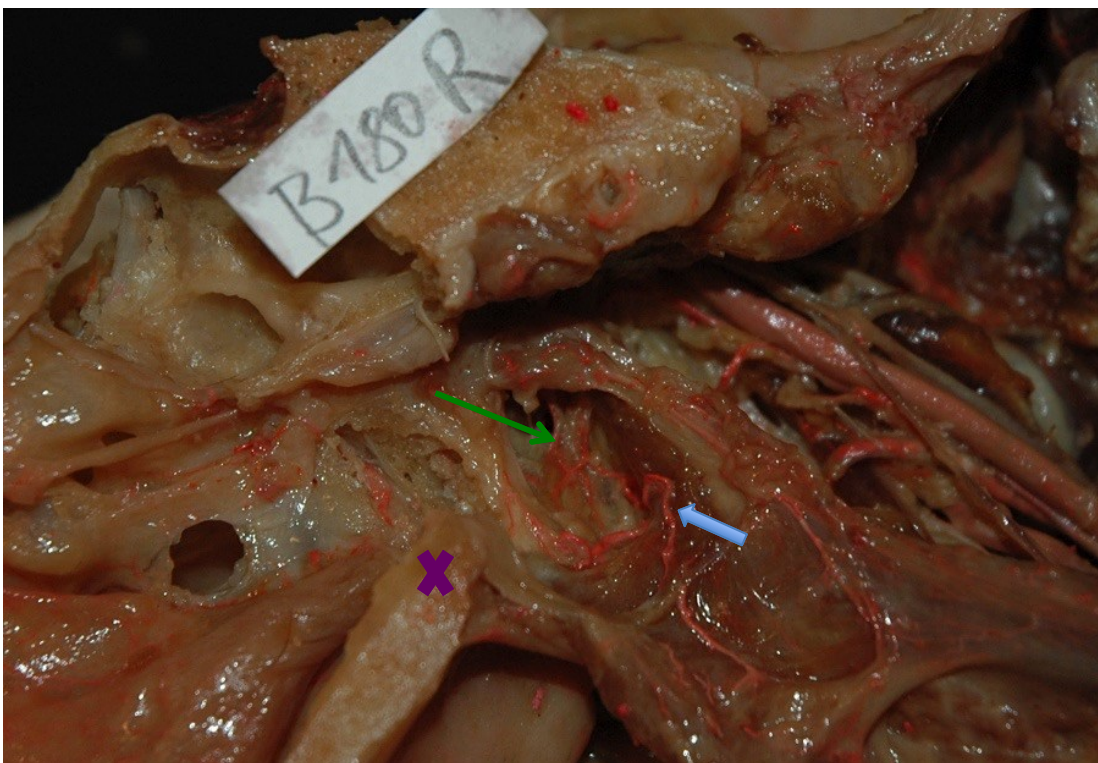


Abbildung 13 *Gefäße aus dem R. ant der A. pharyngea asc. erreichen den weichen Gaumen (grüner Pfeil); A. palatina asc. (dicker blauer Pfeil); knöcherne Gaumenplatte (violettes Kreuz)*

Die **A. pharyngea ascendens** entspringt bei den untersuchten Präparaten meist aus der A. carotis externa. (*Statistik siehe Abbildung 21*)

Sie steigt entlang des Pharynx Richtung Schädelbasis auf, gibt variable Äste zu den Mm. constrictores pharynges sowie zur Schleimhaut ab und teilt sich anschließend in ihre Endäste auf. Mehrere aus dem vorderen Endast/R. anterior\* entspringende Ästchen wechseln unter dem Rachendach die Richtung, biegen nach ventrokaudal um, ziehen der Pharynxwand entlang hinab, oder gelangen bogenförmig abwärts zur Tuba auditiva. (*grüner Pfeil Abbildung 11; 13*)

Einige, dieser aus dem vorderen Endast abgehenden Gefäße, biegen nicht nach ventrokaudal um sondern ziehen entlang des Rachendaches nach vorne und treten im Verlauf in die knöcherne Schädelbasis ein.

*\*Dieses Gefäß wurde in der Studie von Siebert et al. als vorderer Ast der A. pharyngea ascendens(8) oder von anderen Autoren als R. tubae auditivae(6) bezeichnet. In der offiziellen anatomischen Nomenklatur gibt es keine gültige Bezeichnung.(7)*

### Situation am Gaumen

Die zur Tuba auditiva absteigenden Arterien aus dem R. anterior der A. pharyngea ascendens stehen teilweise mit aufsteigenden Ästen aus der A. palatina ascendens in Verbindung oder ziehen als zarte Gefäße(<0.5mm) bis zum weichen Gaumen und tragen vermutlich so zur Versorgung des Le Fort I Segmentes bei. (*siehe Abbildung 11; 13; 14*)

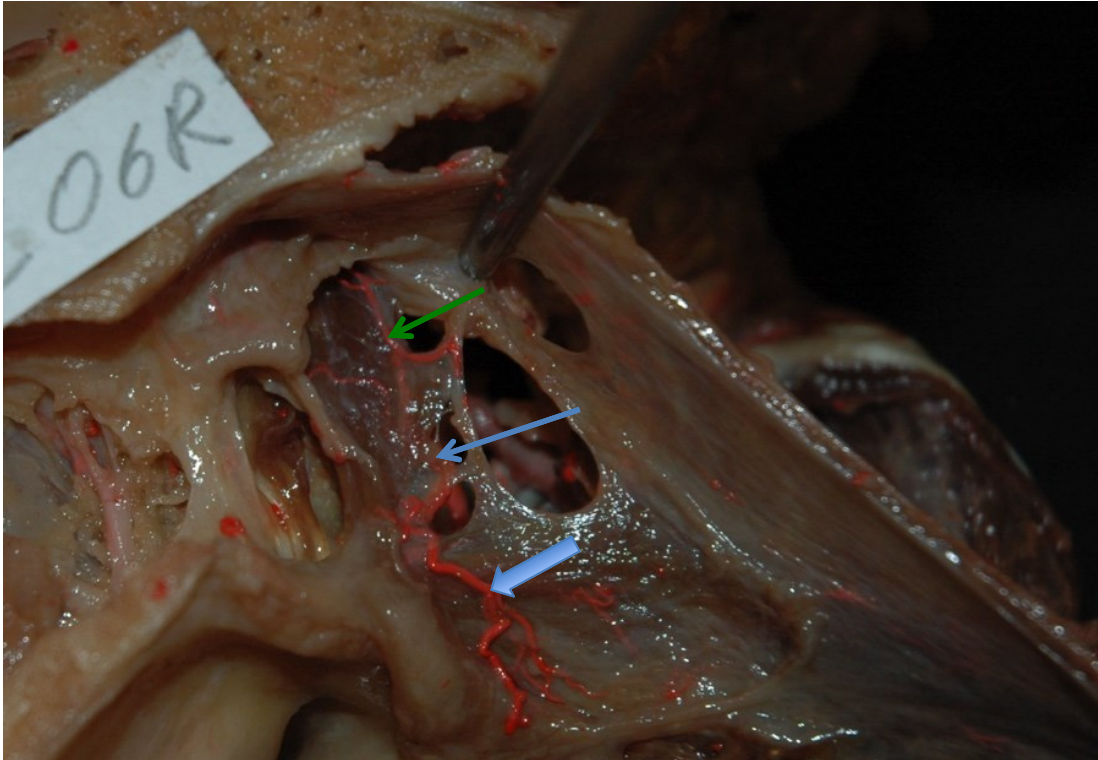


Abbildung 14 Äste des *R. anterior* der *A. pharyngea asc.* (grüner Pfeil) anastomosieren mit einem zur *Tuba auditiva* aufsteigenden Ast aus der *A. palatina asc.* (blauer dünner Pfeil); *A. palatina asc.* am weichen Gaumen (blauer dicker Pfeil)

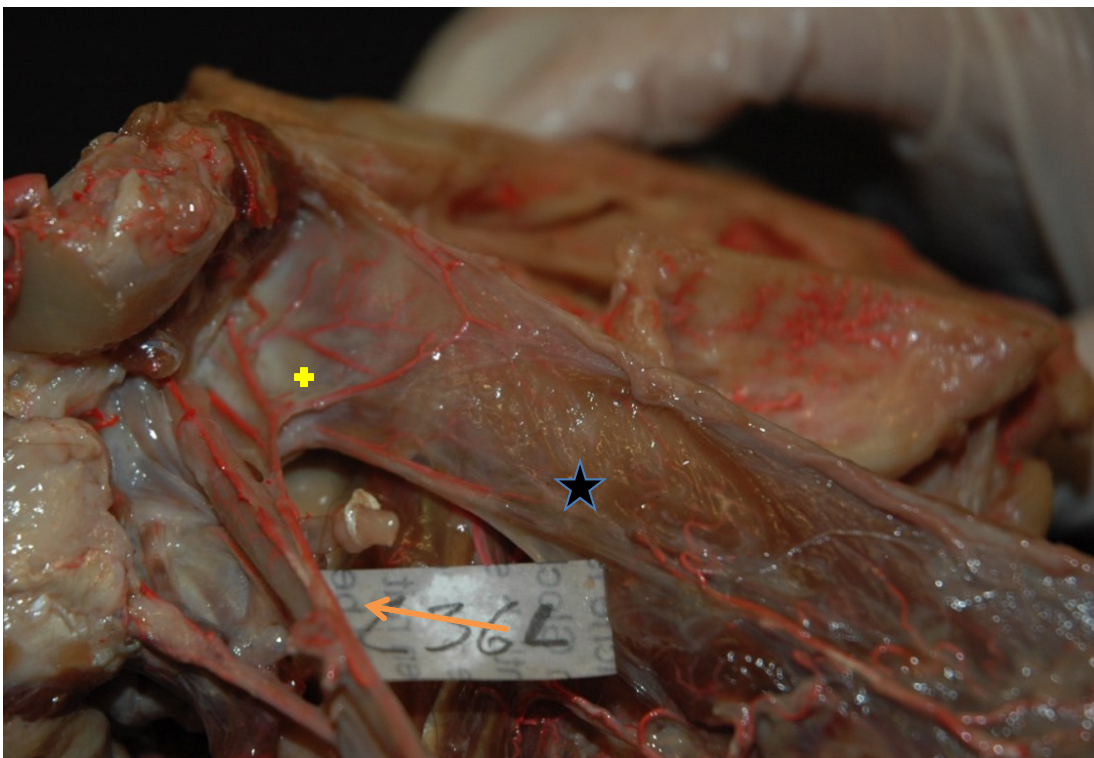


Abbildung 15 *Pharynx* mit *Fascia pharyngobasilaris* (gelbes Kreuz); *M. constrictor pharyngis sup.* (schwarzer Stern); *R. anterior* der *A. pharyngea asc.* (oranjer Pfeil)

## Herkunft der A. palatina ascendens

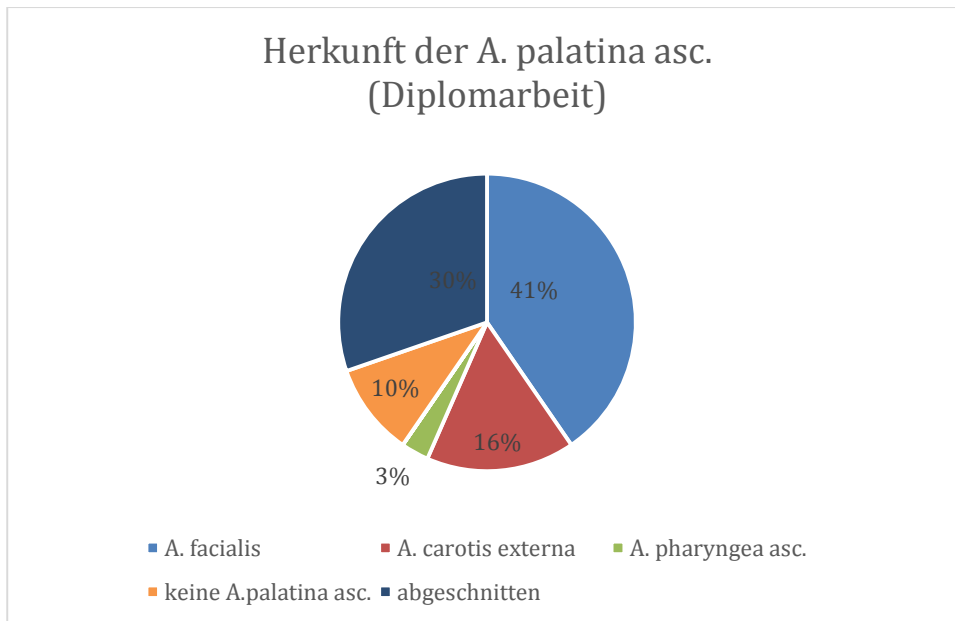


Abbildung 16

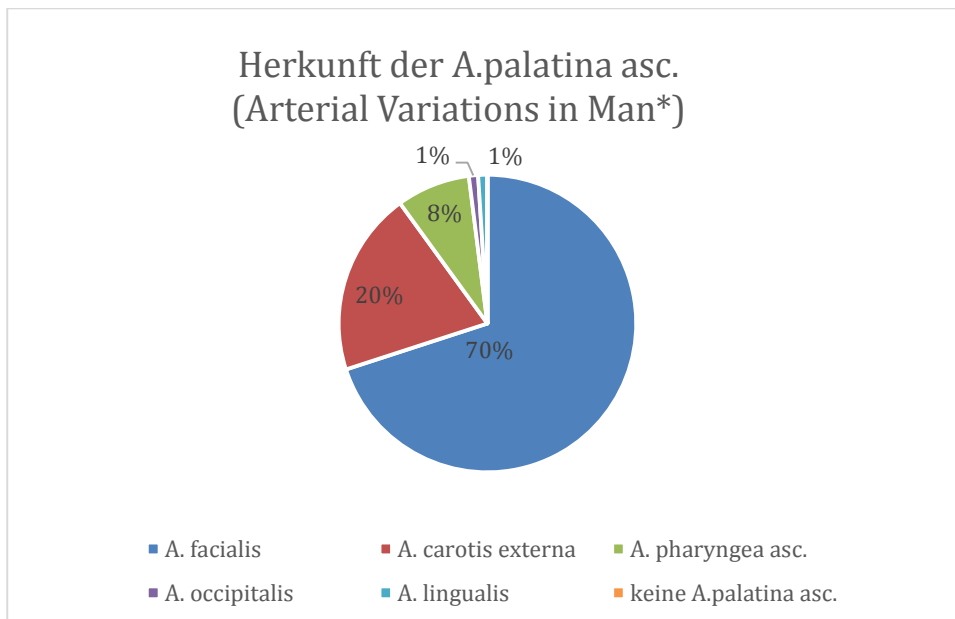


Abbildung 17 \*modifiziert nach Lippert, Pabst; Arterial Variations in men(60)

### **Ursprung aus der A. carotis externa**

In einigen Fällen zeigt die A. palatina ascendens einen Ursprung aus der A. carotis externa (5 Präparate, 16%). Die palatinale Gefäßsituation gleicht der unter „Häufigster Versorgungstyp“ beschriebenen Situation.

### **Fehlende A. palatina ascendens**

In 10% (bei den Präparaten C03 L, C14 L, C67 L) steigt keine A. palatina ascendens im parapharyngealen Raum auf beziehungsweise nur ein sehr dünnes Gefäß mit entsprechendem Verlauf entspringt der A. facialis. (*siehe Abbildung 17; 19*) Dieses dünne Gefäß verliert sich etwa in Höhe der Styломuskeln. Stattdessen besteht bei diesen Präparaten ein besonders gut ausgebildeter, aus der A. carotis externa kommender Stamm der A. pharyngea ascendens. Diese vergleichsweise prominente A. pharyngea ascendens gelangt entlang des Pharynx Richtung Schädelbasis und teilt sich davor in ihre Endäste. Ein nach vorne ziehender kaliberstarker R. anterior biegt im Bereich des Rachendaches um und gelangt im Bogen nahe des M. levator veli palatini nach unten bis zum weichen Gaumen. Dieser R. anterior ersetzt am Palatum molle die A. palatina ascendens und hat wie sie den entsprechenden Gefäßverlauf im Bereich des weichen Gaumens. Wie beim „Häufigsten Versorgungstyp“ beschrieben, sendet dieses Gefäß am weichen Gaumen ebenfalls ein kleines Gefäß Richtung Tuba auditiva. Der Gefäßverlauf vom Abgang des vorderen Hauptastes bis zum aufsteigenden Gefäßteil, welcher zur Tube zieht, entspricht mit seinem doppelten Bogen einer S-Kurve.

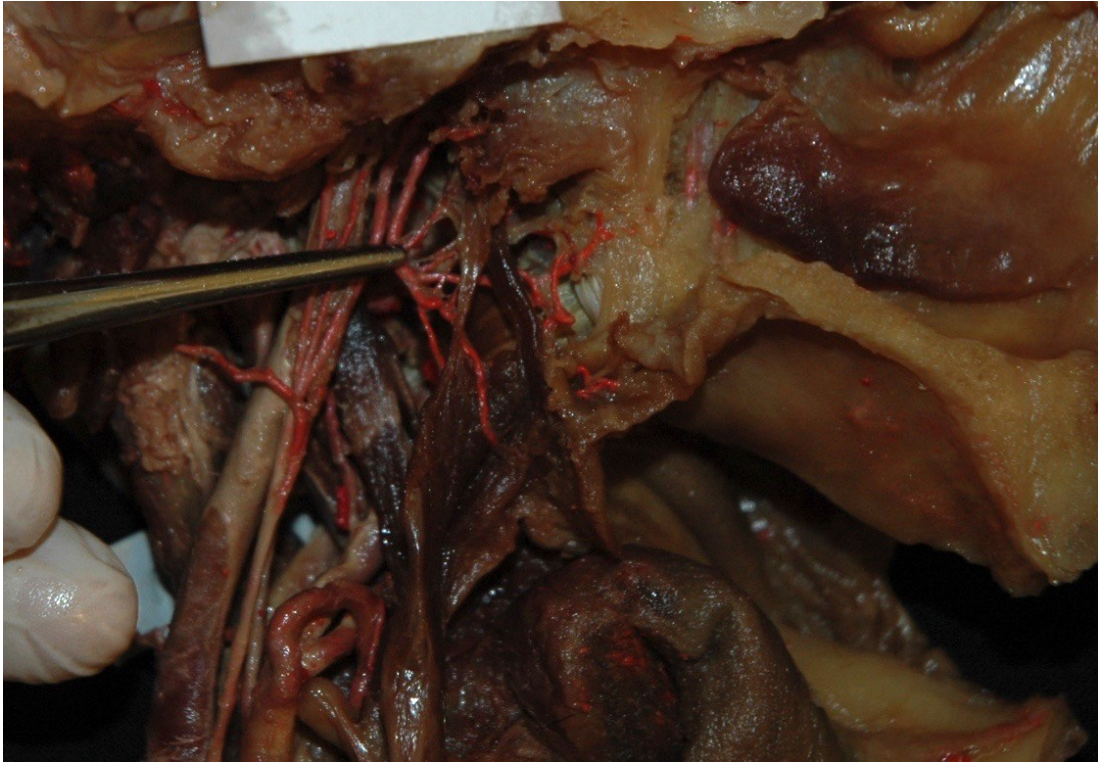


Abbildung 18 *Die Pinzette fasst den R. ant. der A. pharyngea asc. welcher hier die A. palatina asc. am weichen Gaumen ersetzt*



Abbildung 19 *Der vorder Ast der A. pharyngea asc. biegt an der Schädelbasis nach unten um und ersetzt die A. palatina asc. im Bereich des weichen Gaumens (oranger Pfeil)*

### Ursprung der *A. palatina ascendens* aus der *A. pharyngea ascendens*

In einem Fall bei Präparat C22 R (3%) wurde ein Ursprung der *A. palatina ascendens* aus der *A. carotis externa* beobachtet. (siehe Abbildung 20)

Diese Situation könnte auch als gemeinsamer Stamm der beiden Gefäße interpretiert werden. Die Gefäßversorgung am Gaumen gleicht wiederum der unter „Häufigster Versorgungstyp“ beschriebenen Situation.

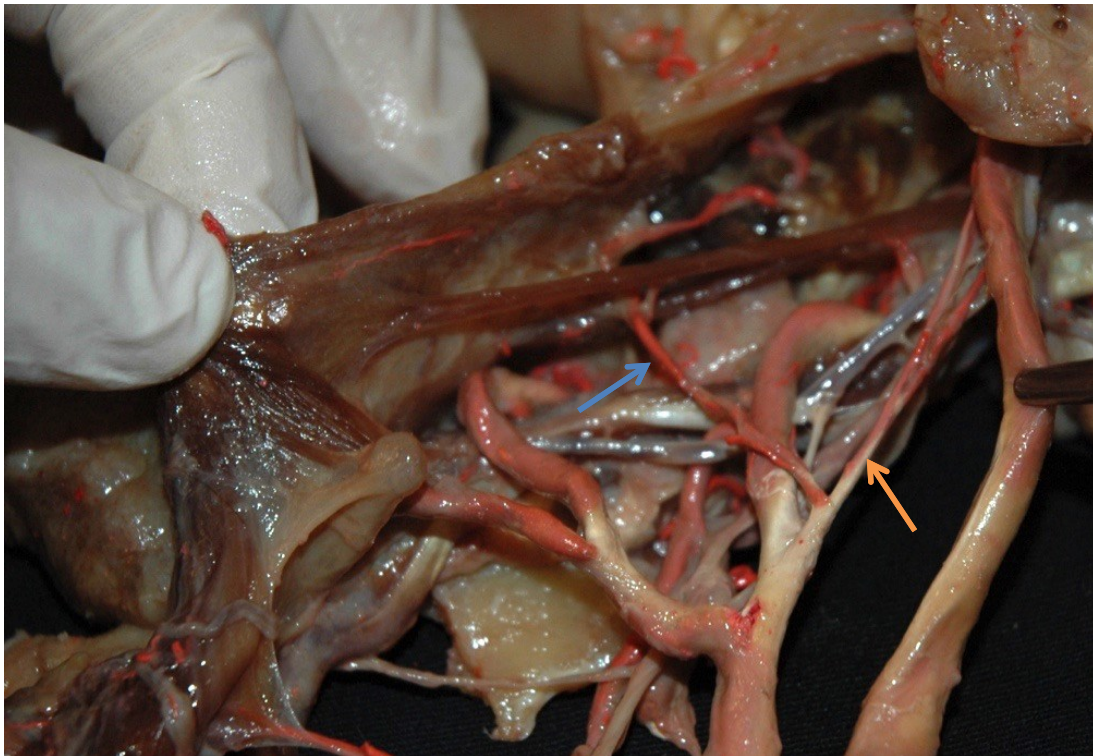


Abbildung 20 Die *A. palatina asc.* (blauer Pfeil) entspringt aus der *A. pharyngea asc.* (oranger Pfeil)

## Herkunft der A. pharyngea ascendens

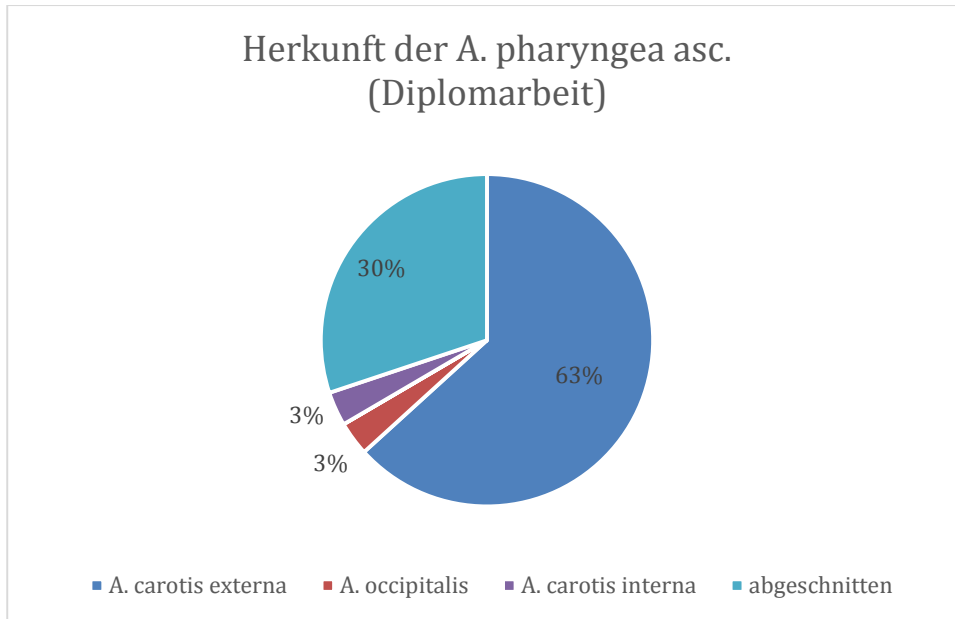


Abbildung 21

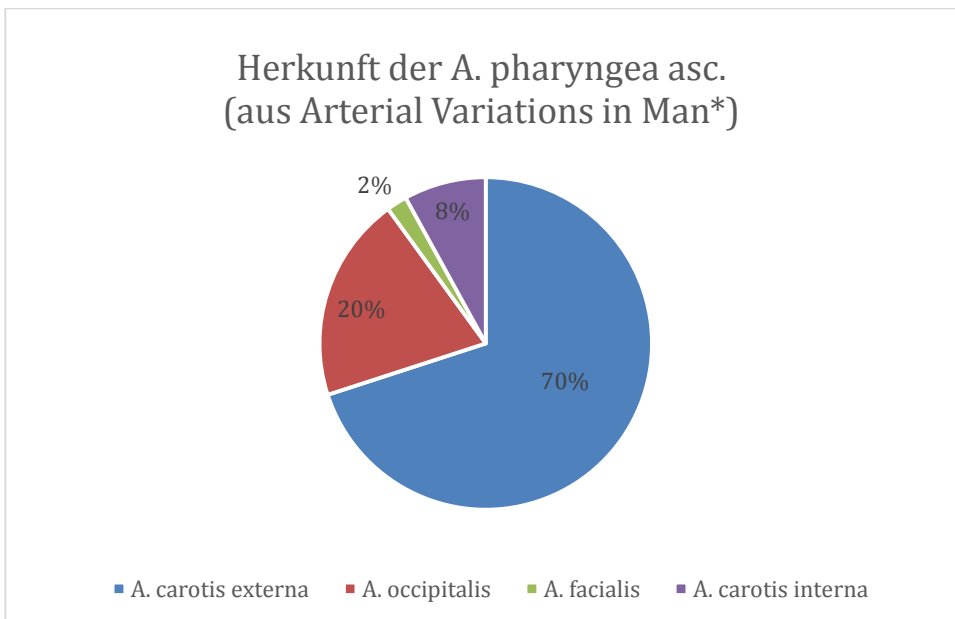


Abbildung 22 \*modifiziert nach Lippert,Pabst; Arterial Variations in men(60)

### **Ursprung der A. pharyngea ascendens aus der A. occipitalis**

Bei einem Präparat (3%) entspringt die A. pharyngea ascendens aufgeteilt in mehrere Äste aus der A. occipitalis. Ansonsten keine Unterschiede zur Gefäß Konstellation „Häufigster Versorgungstyp“

### **Ursprung der A. pharyngea ascendens aus der A. carotis interna**

Bei einem Präparat entspringt die A. palatina ascendens der A. carotis externa. Ansonsten bestehen bei diesem Präparat keine vaskulären Auffälligkeiten.

Die Gefäßversorgung am Gaumen gleicht der unter „Häufigster Versorgungstyp“ geschilderten Situation.

## Diskussion

Die Ergebnisse der Diplomarbeit zeigen, dass A. palatina ascendens und A. pharyngea ascendens in den meisten Fällen den weichen Gaumen erreichen, Äste zur knöchernen Gaumenplatte abgeben und damit wichtige Arterien für das Le Fort I Segment darstellen. Die Situation, dass sowohl A. pharyngea ascendens als auch A. palatina ascendens mit den Gefäßen des Gaumens in Verbindung stehen, ergibt sich bei 27 von 30 Präparaten (*siehe Ergebnisse „Häufigster Versorgungsstyp“ Abbildung 10-14*).

Dabei spielt vermutlich vor allem die im Gaumenbereich kaliberstärkere **A. palatina ascendens** eine wichtige Rolle für die Versorgung des Le Fort I Segmentes. (*siehe Abbildung 10; 11; 12*)

Äste der **A. pharyngea ascendens** speisen als Schleimhautäste das palatinale arterielle Netzwerk. Sie haben im Gegensatz zur A. pharyngea ascendens einen deutlich geringeren Gefäßdurchmesser, aber leisten wohl durch ihre Stückzahl auch einen Beitrag zur Versorgung des Le Fort I Segmentes. (*siehe Abbildung 11; 13; 14*)

Schließlich kommunizieren sowohl ihre am Pharynx aufsteigenden **Rr. pharyngeales**, welche das arterielle Gefäßnetz des Rachens bilden, als auch ihre **im Bereich der Tuba auditiva absteigenden Äste**, welche aus dem vorderen Ast/R. anterior der A. pharyngea ascendens stammen und das Gefäßnetz der Tuba auditiva speisen, mit den für das Le Fort Segment relevanten palatinalen Gefäßen.

Die unter „Häufigster Versorgungsstyp“ geschilderte Gefäßsituation entspricht im wesentlichen den Ergebnissen von Siebert et al.(8) und teilweise denen von Gauthier et al..(51)

Siebert et al. nennen in ihrer Studie einen „anterior branch“ der A. pharyngea ascendens sowie die A. palatina ascendens als wesentliche von rachenwärts kommende Arterien des Le Fort I Osteotomie Segmentes.(8)

In der Studie von Gauthier et al. wird einerseits davon gesprochen die Ergebnisse von Siebert et al zu bestätigen. Andererseits wird bei ihnen nie der vordere Ast der A. pharyngea genannt, sondern nur Rr. pharyngeales der A. pharyngea ascendens als versorgende Gefäße für das Le Fort I Segment beschrieben.(51) Auch die Fotos und die

dazugehörigen Beschriftungen in Gauthiers Studie lassen die Vermutung zu, dass bei ihnen die Gaumen zu weit unter der Schädelbasis ohne Rücksicht auf einen knapp unter dem Rachendach umbiegenden vorderen Ast isoliert worden sind.

Auch in der anatomischen Literatur sind die in dieser Arbeit gefundenen Anastomosen zwischen A. palatina ascendens und A. pharyngea ascendens, welche über das Gefäßnetz der Tuba auditiva bestehen, belegt.(61)

### **Ursprungsverhältnisse der A. palatina ascendens und der A. pharyngea ascendens**

Um die Gefäßversorgung des Le Fort I Osteotomie Segmentes zu analysieren, wurden in dieser Arbeit im Gegensatz zu den Studien von Siebert et al.(8) und Gauthier et al.(51) neben der Gefäß Situation am weichen Gaumen auch explizit die Ursprünge der relevanten Gefäße A. palatina ascendens und A. pharyngea ascendens im Trigonum caroticum untersucht. Diese Analyse der Ursprungsverhältnisse war präparatorisch ein zusätzlicher Aufwand wurde aber für die Untersuchung als notwendig erachtet, um in einer Region mit bekannter hoher anatomischer Variabilität mögliche anatomische Varianten zu identifizieren.

Durch diese genaue Gefäß Analyse im Trigonum carotium konnten am weichen Gaumen vermeintlich fehlende Gefäße wiedergefunden und als „in den Sezierungsbildern abgeschnitten“ klassifiziert werden.

Bei einer rein isolierten Betrachtung der Gaumenregion wäre es aufgrund der bei den Präparaten C14 L, C03L, C67L unauffälligen Gefäßanatomie auch nicht aufgefallen, dass die A. pharyngea ascendens die A. palatina ascendens am Gaumen ersetzt. Ebenso wäre die in diesen Fällen bestehende Kurve mit Richtungsänderung um 180°, des für das Le Fort I Segment wichtigsten Gefäßes, unentdeckt geblieben. (*siehe Abbildung 19*)

Die gefundenen Ursprünge der A. palatina ascendens aus der A. facialis, der A. carotis externa und der A. pharyngea ascendens gelten als in der anatomischen Literatur beschrieben. (*Abbildung 16; 17*) Ebenso sind die gefundenen Ursprünge der A. pharyngea ascendens aus der A. carotis externa, der A. occipitalis und der A. carotis interna bekannt(60). (*Abbildung 21;22*)

Im Unterschied zu den in Abbildung 17 ersichtlichen bekannten Varianten, wurde in dieser Untersuchung kein Ursprung der **A. palatina ascendens** aus der *A. lingualis* (1%; nach Lippert, Pabst(60)), oder aus der *A. occipitalis* (1%; nach Lippert, Pabst (60)) beobachtet. Auffallend ist auch, dass in dieser Untersuchung nur ein Präparat (3%) gefunden werden konnte bei dem die **A. pharyngea ascendens** aus der *A. occipitalis* entspringt. Diese Variante wird in der vergleichenden Literatur mit der deutlich höheren Häufigkeit von 20% beschrieben.(6)

Andererseits werden in der anatomischen Literatur bei diesem Gefäß Unterschiede zwischen den verschiedenen Ethnien beschrieben. Bei Japanern geht die *A. pharyngea ascendens* häufiger aus der *A. occipitalis* ab als bei Europäern.(5)

Ebenso wurde in dieser Untersuchung in keinem einzigen Fall die äußerst seltene Variante einer aus der *A. facialis* entspringenden **A. pharyngea ascendens** (2%; nach Lippert, Pabst (60)) gefunden.

Untypische Varianten könnten wegen Nichtbeachtung bereits im studentischen Sezierkurs abgeschnitten worden sein.

### **variable Gefäßversorgung**

Der bei den Präparaten C14 L, C03L, C67L gefundene prominente R. anterior der *A. pharyngea ascendens* (*siehe Abbildung 17; 19; 23*), welcher die *A. palatina* ersetzt, könnte möglicherweise auch als ein hoher Abgang der *A. palatina ascendens* aus der *A. pharyngea ascendens* interpretiert werden.

Dafür würde sprechen, dass dieses Gefäß am Gaumen die Aufgaben der *A. palatina ascendens* übernimmt sowie die Tatsache, dass die *A. palatina ascendens* aus der *A. pharyngea ascendens* entspringen kann.(60)

Dagegen spricht, dass dieses Gefäß zuerst bis zur Schädelbasis hinaufzieht, sich kurz davor in ihre übliche Endäste aufteilt und anschließend entsprechend dem vorderen Ast der *A. pharyngea ascendens* Richtung Gaumen umbiegt. Üblicherweise erreicht nur die *A. pharyngea ascendens* die Schädelbasis(5).

Aus diesen Gründen wurde dieses Gefäß in dieser Arbeit nicht als eine aus der *A. pharyngea ascendens* „hoch abgehende *A. palatina ascendens*“, sondern als vorderer Ast/ R. anterior der *A. pharyngea ascendens* interpretiert. Diese Variante bestätigt, wie von Hafferl beschrieben, dass die *A. pharyngea ascendens* die *A. palatina ascendens* ganz oder teilweise ersetzen kann.(9)

Gauthier et al. Berichten in ihrer anatomischen Studie mit 11 untersuchten Subjekten von einem Fall mit einseitig fehlender A. palatina ascendens(51). Möglicherweise entspricht dies der bei Präparat C14 L, C03L, C67L gefundenen Situation.

## **Ursachen für ischämische Nekrosen**

Verschiedenste Ursachen für ischämische Nekrosen können vermutet werden. Diskutiert wird der Einfluss der **A. palatina descendens**(26), die **veränderte Hämodynamik** eines **gespannten palatinalen Gefäßstieles**(54), das **Design des mukogingivalen Gefäßstieles**, die **Mehrfach-Segmentierungen** der Maxilla, die **Perforation der palatinalen Mukosa**, die **induzierte Hypotonie**, die **Kompression des Gefäßstiels** durch bestimmte Apparaturen und nicht vernachlässigbar die **anatomische Variabilität** der maxillären Blutgefäße.(26)

Die Bedeutung der deszendierenden palatinalen Gefäße wird unterschiedlich diskutiert. Manche Autoren behaupten, dass eine Verletzung dieser Arterien häufig mit einer Le Fort I Osteotomie einhergeht.(8, 51) Andere Autoren belegen wiederum, dass die A. palatina descendens durchaus erhalten bleiben kann und nur bei Verletzungen ligiert werden soll.(51, 62)

Die A. palatina descendens kann während verschiedenster Operationsschritte beschädigt werden. Während der Osteotomie, während der Down-Fraktur, oder bei Verlagerung des osteotomierten Segmentes.(26)

Einerseits wurden ischämische Knochennekrosen vermehrt bei maxillären Osteotomien mit Ligatur der Aa. palatinae descendentes beobachtet. (26) Aus diesem Grund wird vornehmlich in älteren Arbeiten auf die Wichtigkeit dieser Gefäße hingewiesen. Außerdem wurde in Untersuchungen der prä- und postoperativen Perfusion demonstriert, dass die Perfusion der „attached“ Gingiva und des Processus alveolaris bei Resektion der A. palatina descendens signifikant vermindert ist.(50, 52, 55, 63)

Andererseits konnte sowohl in Tierversuchen als auch in neueren klinisch retrospektiven Studien gezeigt werden, dass die deszendierenden palatinalen Gefäße ligiert werden können, ohne dass dadurch ischämische Nekrosen des osteotomierten Segmentes erzeugt werden.(45)

Auch Erfahrungsberichte routinierter Mund-, Kiefer- und Gesichts Chirurgen belegen, dass im klinischen Alltag Le Fort I Osteotomien mit Ligatur der A. palatina descendens ohne jegliche Komplikationen durchführbar sind.

Auch eine zu weite oder ungünstige Segment Mobilisierung könnte Ischämie begünstigend wirken. Ursächlich kann die veränderte Hämodynamik in einem gespannten Gefäßstiel und die erhöhte Thrombose Gefahr in Frage kommen.(26)

Andererseits wurde in Studien belegt, dass eine Dehnung des Gefäßstiels keine wahrnehmbaren Auswirkungen auf die Revaskularisierung oder die Knochenheilung hat.(26, 54) Es wird jedoch empfohlen, Segmentverlagerungen nur innerhalb bestimmter Grenzen, durchzuführen.(14)

Fallberichte lassen vermuten, dass das Risiko für schwere Ischämien durch multisegmentale Osteotomien ansteigt. Eine ischämische Komplikation tritt kaum bei mono-Segmentalen Le Fort Osteotomien auf.(26) Vorsicht ist geboten bei Osteotomien mit kombinierten horizontalen Segmentierungen.(14)

Hingegen konnte in Studien gezeigt werden, dass maxilläre Segmentierungen im Alltag komplikationslos durchgeführt werden können.(26)

Diverse kieferchirurgisch/kieferorthopädische Apparaturen können bei schlechtem Sitz, durch Kompression des Gefäßstieles, eine bereits eingeschränkte Vaskularisation weiter verschlechtern und so zu einer Ischämie des Le Fort I Segmentes führen.(26)

### **Mögliche Auswirkungen einer variablen Gefäßanatomie auf das Le Fort I Segment**

Dass anatomische Gefäß Varianten ischämische Komplikationen des Le Fort I Segmentes begünstigen können, wird von mehreren Autoren angedacht.(26, 64)

Das breite Spektrum der anatomischen Variabilität könnte erklären, wieso vermeintlich sichere Operationstechniken im Alltag komplikationslos durchgeführt werden können aber in sehr seltenen Fällen ischämische Nekrosen nach sich ziehen.(26)

Bekanntlich bringt die veränderte Gefäßanatomie bei Patienten mit Missbildungen, wie Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten(64) ein höheres Operationsrisiko für ischämische Komplikationen mit sich.(26)

Gleichsam ist bei Patienten mit palatinalen Voroperationen die Anatomie in jenem Bereich verändert. Dadurch ergibt sich bei erneuten Eingriffen ebenfalls ein höheres Risiko für ischämische Komplikationen.(45)

In der vorliegenden Untersuchung wurden ausschließlich Präparate von Personen ohne bekannte Missbildungen im Lippen-, Kiefer-, Gaumenbereich untersucht.

Die anatomische Literatur (*siehe Abbildung 17; 22*) sowie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit belegen, dass auch bei gesunden Personen ohne Missbildungen verschiedene Variationen der A. palatina ascendens und der A. pharyngea ascendens im Trigonum caroticum sowie im Rachenbereich vorkommen.(9, 60)

Diese Varianten bestehen im Normalfall ohne pathologische Konsequenzen und könnten erst durch nicht Berücksichtigung im Zuge einer Operation wie der Le Fort I Osteotomie Komplikationen mit sich bringen.

Normalerweise würden durch die bei drei Präparaten (C03L, C14L, C67L) gefundene Variante einer fehlenden A. palatina ascendens keinerlei Konsequenzen entstehen, solange das fehlende Gefäß durch ein anderes ersetzt wird.

Bestimmt kann eine einseitig fehlende A. palatina ascendens durch ein auf der Gegenseite vorhandenes Gefäß kompensiert werden. Bei Präparat C67 wird die A. palatina ascendens linksseitig durch den vorderen Ast der A. pharyngea ascendens ersetzt. Auf der rechten Seite desselbigen Präparates bestehen wiederum zwei, wenn auch vergleichsweise schwach ausgebildete (Gefäßdurchmesser je 0,5mm) Aa. palatinae ascendentes, wobei nur eines dieser Gefäße tatsächlich den Gaumen erreicht.

Bei zwei Präparaten mit fehlender A. palatina ascendens (C03, C14) war die korrespondierende Gegenseite aufgrund der studentischen Sezierung für die Untersuchung nicht mehr verwertbar.

Problematisch wäre im Fall eines einseitig fehlenden Gefäßes die Segmentierung des Le Fort I Segmentes im Rahmen einer erweiterten Le Fort I Osteotomie. Bei einer derartigen Konstellation könnte der Chirurg unilateral ein Knochensegment ohne ausreichende Vaskularisation erzeugen. Eine ischämische Nekrose dieses nun von der Gefäßversorgung weitgehend abgeschnittenen Segmentes wäre vorprogrammiert.

Wie bereits im Kapitel „Ursachen für ischämische Nekrosen“ erwähnt, belegen experimentelle Studien, dass Segmentierungen des osteotomierten Le Fort I Segmentes unter normalen Umständen ohne Auftreten von Komplikationen durchführbar sind.(45, 54) Dass wiederum ischämische Knochennekrosen gehäuft bei Le Fort I Osteotomien mit Segmentierung beobachtet wurden (26), könnte darauf hinweisen, dass ein zusätzlicher Faktor in manchen Fällen zur Dekompensation der Blutversorgung des jeweiligen Knochensegmentes führt. Das einseitige Fehlen eines Blutgefäßes, wie der A. palatina ascendens, ohne bestehende Kompensation durch ein anderes Gefäß, könnte einen derartigen ungünstigen Faktor darstellen.

Die eben diskutierte Möglichkeit der Agenesie eines Gefäßes bekräftigt die Empfehlung von Lanigan et al. im Zuge einer Le Fort I Osteotomie möglichst wenig Segmentierungen vorzunehmen und stattdessen präoperativ kieferorthopädisch vorzugehen.(26)

Lanigan et al. beschreiben, dass sich im Falle einer irregulären Gefäßanatomie mit insuffizienten palatinalen Gefäßen kompensatorische Anastomosen aus den Endästen der A. maxillaris (A. infraorbitalis und Aa. alveolares posteriores) entwickeln können.(26) Bei der in dieser Studie bei Präparat C14 L, C03L, C67L vorgefundener Situation, mit fehlender A. palatina ascendens, wird das nicht vorhandene Gefäß durch die A. pharyngea ascendens kompensiert. *(siehe Abbildung 23; linke Seite)*

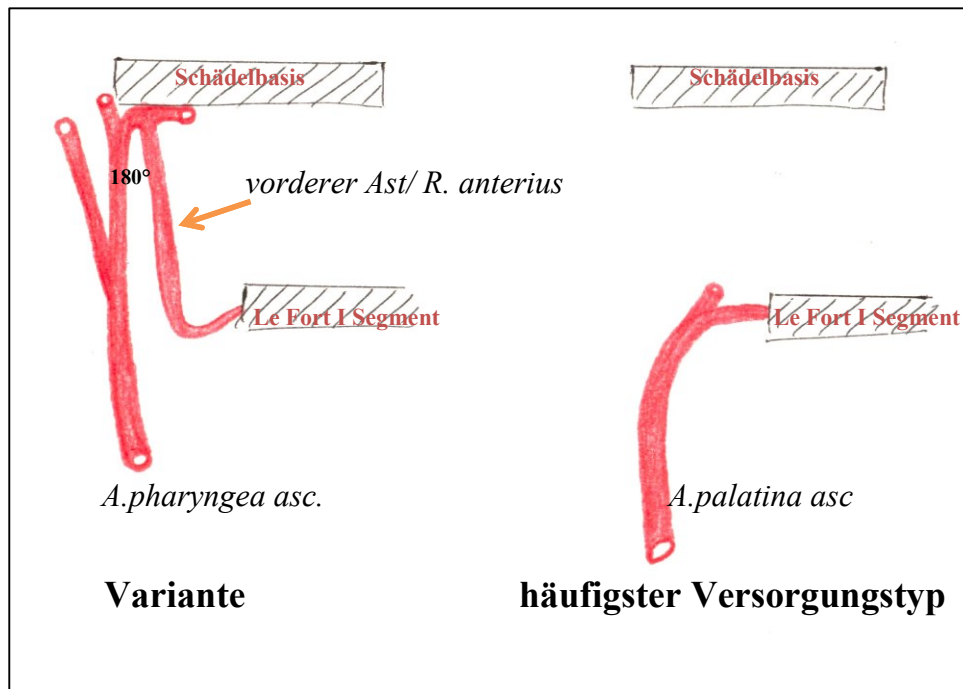


Abbildung 23 Gegenüberstellung einer Gefäßvariante zur „Normalsituation“

Bemerkenswert ist auch, dass bei diesen Präparaten (C14 L, C03L, C67L) der kompensatorisch ausgebildete R. anterior der A. pharyngea ascendens auf seinem Weg zum Gaumen annähernd eine S-förmige Kurve beschreitet. (siehe *Abbildung 17; 19; 23*) Durch diese stark gewundene Kurve ändert das Gefäß, im Vergleich zur normalerweise für das Le Fort I Segment bedeutungsvollen A. palatina ascendens um annähernd 180° seine Richtung.

Außerdem entlässt dieser R. anterior im Bereich seines unter der Schädelbasis gelegenen Gefäßscheitels mehrere arterielle Äste, welche die Verlaufsrichtung des Gefäßstammes fortsetzen (*blaue Pfeile; Abbildung 24*) und nicht nach kaudal zum Gaumen umbiegen. Es stellt sich die Frage welcher Prozentsatz an Blutvolumen durch diese Richtung Schädelbasis ziehenden Gefäße „den Weg des geringsten Widerstandes nimmt“ und für die knöcherne Gaumenplatte (Le Fort I Segment) „verloren geht“. Beziehungsweise welcher Anteil im nach unten ziehenden Ast zur knöchernen Gaumenplatte geführt wird. Erst nach durchgeführter Le Fort I Osteotomie kommt diesem nach unten ziehenden Gefäßabschnitt größere Bedeutung zu. Diese Tatsache ergibt sich durch die intraoperative Durchtrennung der normalerweise für den Gaumenbereich wichtigen Arterien (siehe „Die Technik der Le Fort I Osteotomie“)

Es könnte sein, dass die bekannte postoperative Ischämie(50, 63) bei dieser Gefäßkonstellation, stärker ausgeprägt ist.

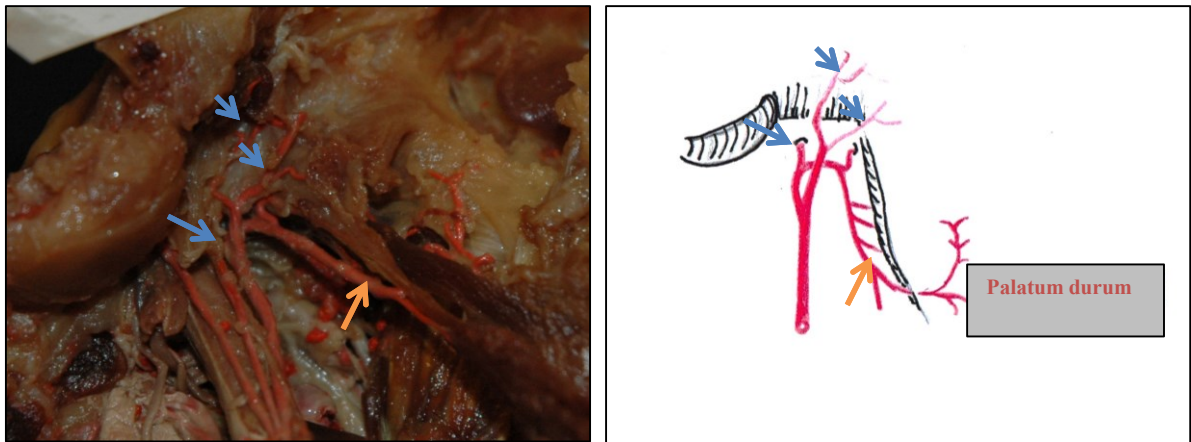


Abbildung 24 **Detailaufnahme aus Abbildung 19 sowie graphische Darstellung derselben Situation**

*R. anterior der A. pharyngea asc.* (oranger Pfeil); *Richtung Schädelbasis ziehende Äste* (blaue Pfeile)

Weitere Untersuchungen sind notwendig um zu klären, ob durch diese Gefäßkonstellation für das Le Fort I Segment strömungstechnische Nachteile bestehen und ob es eventuell zu einer Minderperfusion im Endstromgebiet kommen könnte.

Ebenfalls könnte es bei der im letzten Absatz diskutierten Gefäßkurve (*siehe Abbildung 23, linke Seite*) im Rahmen einer Le Fort I Osteotomie mit Segmentverlagerung, durch Abknickung des Gefäßes zu verlangsamer oder turbulenter Strömung und damit zur bekannten Komplikation der arteriellen Thrombosierung(26) kommen.

Die Gefährdung des Abknickens(26) dieses nicht standardmäßig verlaufenden Gefäßes im Zuge einer Le Fort I Osteotomie mit Segmentverlagerung ist in weiteren Untersuchungen zu evaluieren.

Vermutlich kann die Akkumulation verschiedener für die Perfusion des Le Fort I Segmentes ungünstiger Faktoren, wie die intraoperativ induzierte Hypotonie(65), die lokale Applizierung eines Lokalanästhetikums mit vasokonstriktivem Zusatz(20), eine systemische Gefäßalteration(18), oder die zu weite Segmentverlagerung(26) in Kombination mit anatomisch ungünstigen Gefäßkonstellationen bestehende vaskuläre Kompensationsmechanismen zum Kippen bringen und so in einer Ischämie des Le Fort I Osteotomie Segmentes resultieren.

Sicherlich können in einigen Fällen auch chirurgische Fehler die Hauptursache für ischämische Komplikationen darstellen.(45)

Die Unklarheit über die individuell vorherrschende Gefäßversorgung bringt eine beachtliche Unsicherheit mit sich. Es bleibt zu hoffen, dass zukünftige Entwicklungen der modernen Bildgebung mehr Klarheit schaffen werden. Die kleinen Gefäßdurchmesser der für das Le Fort I Segment relevanten Gefäße stellen eine Schwierigkeit für jegliche bildgebende Darstellungen dar. Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten oder Voroperationen mit potentiell variabler Anatomie, könnten als Risikopatienten eingestuft werden. Solche Patienten könnten durch eine präoperative Bildgebung profitieren.

## Spekulative Gefäßkonstellation

Im angenommenen Fall fehlender oder nicht ausreichend ausgebildeter ascendierender palatinaler Gefäße, könnte die Vaskularisation des weichen Gaumens problemlos über die Aa. palatinae descendentes erfolgen. (siehe Abbildung 25)

Bei Ligatur dieses nun unabdinglichen Gefäßes, im Zuge einer Le Fort I Osteotomie wären ischämische Probleme vorprogrammiert. Diese spekulative, aber mögliche Gefäßsituation ist ein potenzieller Klärungsversuch für ischämische Knochennekrosen nach durchgeführter Le Fort I Osteotomie.

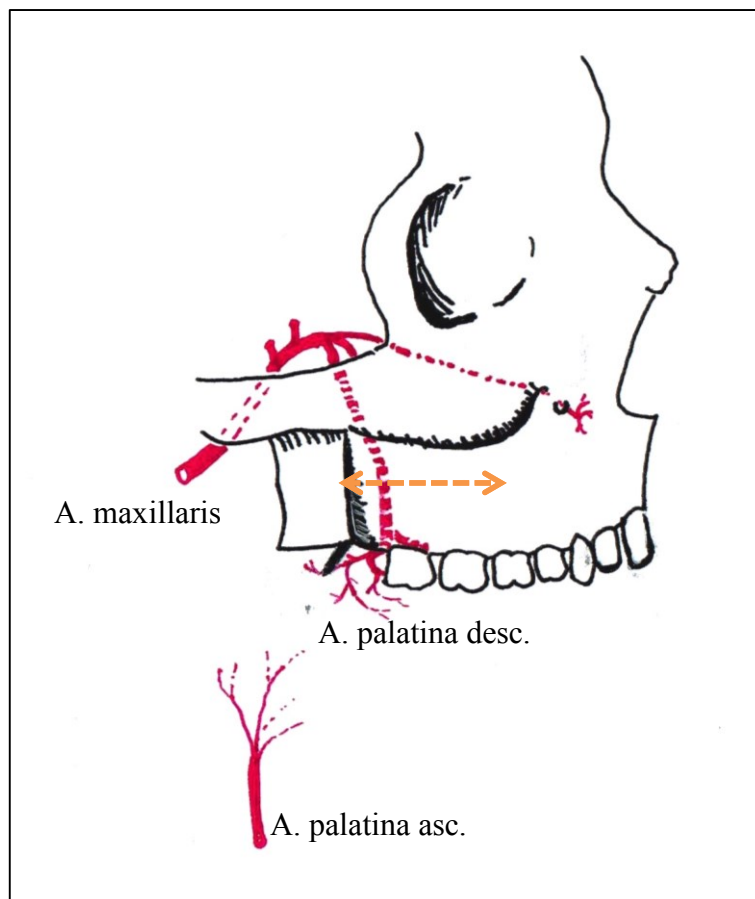


Abbildung 25 *Spekulative Gefäßsituation*;

die A. palatina asc. erreicht den Gaumen nicht und wird durch die A. palatina descendens ersetzt;  
der orange Doppelpfeil markiert die Ligatur der A. palatina desc. bei der Le Fort I Osteotomie

## Methoden Kritik

Zum einen wurden die durchgeführten Präparationen durch die vorhergegangenen studentischen Sezierungübungen erleichtert indem zu untersuchende Regionen schon präpariert oder zumindest leicht zugänglich waren. Zum anderen Teil wiederum war die Arbeit durch zuvor erfolgte unsachgemäße oder nicht schichtenweise Präparation erschwert und teilweise nicht mehr möglich.

Bei manchen Präparaten stellte sich erst im Laufe meiner Präparation heraus, dass bestimmte relevante Strukturen, wie die zu untersuchenden Gefäße oder die Topographie einer Region bereits zu sehr verändert oder zerstört waren, um in diesen Fällen eine gültige Aussage zu treffen. Die betroffenen fünf Präparate wurden in weiterer Folge aus der Untersuchung ausgeschieden.

Sicherlich können kleinere aus dem studentischen Sezierungskurs stammende Beschädigungen bei einem Präparat ein Einzelergebnis verändern. Durch die sich wiederholenden Muster konnten jedoch bestimmte Tendenzen sowie Variationen mit einiger Sicherheit festgestellt werden.

Ähnliche anatomischen Studien von Siebert et al.(8) mit 20 Präparaten, sowie Gauthier et al.(51) mit 22 Präparaten berufen sich auf eine im Vergleich zu dieser Studie etwas kleinere Stückzahl. In dieser Studie wurden 30 Präparate untersucht. Die 30 untersuchten Präparate wurden als die am besten geeigneten aus einer Gesamtmenge von 120 Stück ausgewählt.

Für die Stückzahl limitierend waren in dieser Arbeit einerseits der hohe Arbeitsaufwand bei der Sektion kleinster Gefäße im Bereich zwischen 2 mm- 0,2 mm sowie die Auswahl eines geeigneten Leichenmaterials.

Weitere Studien mit sehr großer Stückzahl könnten eine Aussage über sehr seltene Gefäßvariationen hervorbringen.

Auch Untersuchungen betreffend der veränderten Gefäßanatomie bei Patienten mit Missbildungen sowie Studien über die veränderte Gefäßanatomie nach durchgeführter Le Fort I Osteotomien oder anderen Gaumenoperationen könnten zu weiterem Erkenntnissen führen.

## **Fazit**

Diese Arbeit bestätigt, anhand einer größeren Stückzahl als vergleichbare Studien, dass A. palatina ascendens und A. pharyngea ascendens wichtige Arterien für das Le Fort I Segment darstellen. Im Gegensatz zu ähnlichen Studien wurden auch die Ursprünge dieser Arterien analysiert. Es wurde gezeigt, dass diese Gefäße bezüglich ihres Versorgungsgebietes variieren können. Die Gefäßvariationen wurden im Bezug zum Le Fort I Segment betrachtet und im Hinblick auf postoperative Ischämien analysiert. Eine gefundene Gefäßvariante, sowie eine beschriebene spekulative Gefäßsituation könnten Ischämien des Le Fort I Segmentes begünstigen.

## Literaturverzeichnis

1. Waldeyer A, Anderhuber F. Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band ; [44 Tabellen]. 19., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. ed. Berlin u.a.: De Gruyter; 2012. XIX, 1176 S. p.
2. Benninghoff A, Drenckhahn D. Zellen- und Gewebelehre, Entwicklungslehre, Skelett- und Muskelsystem, Atemsystem, Verdauungssystem, Harn- und Genitalsystem. Anatomie. 17., durchges. Aufl. ed2008. XI, 956 S. p.
3. Hari M. Goethes Werke, Über den Zwischenkiefer des Menschen und der Tiere, in: <http://www.merke.ch/goethe/anatomie/zwischenkiefer.php> (abgerufen am 07.04.2015)  
.
4. Waldeyer A, Fanghänel J. Waldeyer Anatomie des Menschen: [das Buch enthält 45 Tabellen]. 17., völlig überarb. Aufl. ed. Berlin u.a.: <<de>> Gruyter; 2003. XXVI, 1334 S. p.
5. Lanz T, Wachsmuth W. Hals. Praktische Anatomie. Klassiker der Medizin. 1. Aufl., Sonderausg. ed2004. p. XVIII, 549 S.
6. Lanz T, Lang J. Übergeordnete Systeme. Praktische Anatomie. 1985. p. XXII, 720 S.
7. Federative Committee on Anatomical Terminology. Terminologia anatomica. Stuttgart u.a.: Thieme; 1998. X, 292 S. p.
8. Siebert JW, Angrigiani C, McCarthy JG, Longaker MT. Blood supply of the Le Fort I maxillary segment: an anatomic study. Plast Reconstr Surg. 1997;100(4):843-51.
9. Hafferl A, Thiel W. Lehrbuch der topographischen Anatomie. 3. Aufl. ed. Berlin, New York,: Springer-Verlag; 1969. xvi, 971 p. p.
10. Dauber W, Feneis H, Feneis H. Pocket atlas of human anatomy : founded by Heinz Feneis. 5th rev. ed. Stuttgart ; New York: Thieme; 2007. 545 p. p.
11. Ralf R. Orale Struktur-und Entwicklungsbiologie. 1 ed. Berlin: Quintessenz Verlag; 2011.
12. Lexikon Zahnmedizin, Zahntechnik: Mit 70 Tabellen. 2000. p. VIII, 888 S.

13. Weber T. Memorix Zahnmedizin: 116 Tabellen. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. ed. Stuttgart u.a.: Thieme; 2010. XVI, 616 S. p.
14. Hausamen J-E. Curriculum Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: präprothetische Chirurgie, orthopädische Chirurgie, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Tumortherapie, Traumatologie, Distractionsosteogenese, plastische Chirurgie, Chirurgie des Kiefergelenks. Berlin u.a.: Quintessenz-Verl.-Ges.; 2003. 587 S. p.
15. Kruse Gujer A, Jacobsen C, Grätz KW. Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer; 2013.
16. Pschyrembel W. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 261., neu bearb. und erw. Aufl. ed. Berlin u.a.: de Gruyter; 2007. XXV, 2132 S. p.
17. Schwenzer N, Schwenzer N. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie.: 48 Tabellen Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. 4., vollst. überarb. und erw. Aufl. ed 2011. p. XIV, 522 S.
18. Hausamen JE, Machtens E, Reuther J, Eufinger H, Kübler A, Schliephake H. Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: Operationslehre und -atlas. 4., vollständig überarbeitete Auflage ed. Berlin, Heidelberg: Springer; 2012.
19. Kahl-Nieke B. Einführung in die Kieferorthopädie: Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie ; 10 Tabellen. 3., überarb. Aufl. ed. Köln: Dt. Zahnärzte-Verl.; 2010. XV, 363 S. p.
20. Buchanan EP, Hyman CH. LeFort I Osteotomy. Seminars in Plastic Surgery. 2013;27(3):149-54.
21. Gartshore L. A brief account of the life of Rene Le Fort. Br J Oral Maxillofac Surg. 2010;48(3):173-5.
22. Noffze MJ, Tubbs RS. René Le Fort 1869–1951. Clinical Anatomy. 2011;24(3):278-81.
23. Dolanmaz D, Esen A, Emlik D, Candirli C, Kalayci A, Cicekcibasi A. Comparison of two different approaches to the pterygomaxillary junction in Le Fort I osteotomy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106(3):e1-5.
24. Schroll K WG. Zahnärztliche Chirurgie  
Ausgewählte Kapitel aus Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. wien: Wilhelm Maudrich Wien; 1998. 279 p.
25. Bell WH, Jacobs JD. Surgical-orthodontic correction of maxillary retrusion by Le Fort I osteotomy and proplast. J Maxillofac Surg. 1980;8(2):84-94.

26. Lanigan DT, Hey JH, West RA. Aseptic necrosis following maxillary osteotomies: report of 36 cases. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 1990;48(2):142-56.
27. Bell WH. Revascularization and bone healing after anterior maxillary osteotomy: a study using adult rhesus monkeys. *J Oral Surg.* 1969;27(4):249-55.
28. Sander FG, Schwenzer N. *Kieferorthopädie.: 46 Tabellen Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde.* 2., neu erstellte und erw. Aufl. ed2011. p. XII, 489 S.
29. Smatt Y, Ferri J. Retrospective study of 18 patients treated by maxillomandibular advancement with adjunctive procedures for obstructive sleep apnea syndrome. *J Craniofac Surg.* 2005;16(5):770-7.
30. Schroll K, Watzek G, Beck-Mannagetta J. *Ausgewählte Kapitel aus Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.* Wien: Maudrich; 1998. 279 S. p.
31. Cunningham SJ, Crean SJ, Hunt NP, Harris M. Preparation, perceptions, and problems: a long-term follow-up study of orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1996;11(1):41-7.
32. Kramer FJ, Baethge C, Swennen G, Teltzrow T, Schulze A, Berten J, et al. Intra- and perioperative complications of the LeFort I osteotomy: a prospective evaluation of 1000 patients. *J Craniofac Surg.* 2004;15(6):971-7; discussion 8-9.
33. de Mol van Otterloo JJ, Tuinzing DB, Greebe RB, van der Kwast WA. Intra- and early postoperative complications of the Le Fort I osteotomy. A retrospective study on 410 cases. *J Craniomaxillofac Surg.* 1991;19(5):217-22.
34. Tung TC, Chen YR, Bendor-Samuel R. Surgical complications of the Le Fort I osteotomy--a retrospective review of 146 cases. *Changgeng Yi Xue Za Zhi.* 1995;18(2):102-7.
35. Panula K, Finne K, Oikarinen K. Incidence of complications and problems related to orthognathic surgery: a review of 655 patients. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 2001;59(10):1128-36; discussion 37.
36. Iannetti G, Fadda TM, Riccardi E, Mitro V, Filiaci F. Our experience in complications of orthognathic surgery: a retrospective study on 3236 patients. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2013;17(3):379-84.
37. Kahnberg KE, Engstrom H. Recovery of maxillary sinus and tooth sensibility after le Fort I osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1987;25(1):68-73.

38. M F. Kombinierte Osteotomien am Kiefer. In: Patientenaufklärung pCD, editor. Erlangen: Thieme Compliance GmbH; 2004.
39. Khechoyan DY. Orthognathic surgery: general considerations. *Semin Plast Surg.* 2013;27(3):133-6.
40. Steel BJ, Cope MR. Unusual and rare complications of orthognathic surgery: a literature review. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 2012;70(7):1678-91.
41. Stajic Z, Roncevic R. Facial nerve palsy following combined maxillary and mandibular osteotomy. A case report. *J Craniomaxillofac Surg.* 1990;18(5):192-4.
42. Precious DS, Splinter W, Bosco D. Induced hypotensive anesthesia for adolescent orthognathic surgery patients. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 1996;54(6):680-3; discussion 3-4.
43. Solomons NB, Blumgart R. Severe late-onset epistaxis following Le Fort I osteotomy: angiographic localization and embolization. *J Laryngol Otol.* 1988;102(3):260-3.
44. Maurer P, Otto C, Eckert AW, Schubert J. Actinomycosis as a rare complication of orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 2002;17(3):230-3.
45. Bell WH, You ZH, Finn RA, Fields RT. Wound healing after multisegmental Le Fort I osteotomy and transection of the descending palatine vessels. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 1995;53(12):1425-33; discussion 33-4.
46. Singh J, Doddridge M, Broughton A, Goss A. Reconstruction of post-orthognathic aseptic necrosis of the maxilla. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2008;46(5):408-10.
47. Cornah J, O'Hare PM. Total maxillary necrosis following severe facial injury. A case report. *Br J Oral Surg.* 1981;19(2):148-50.
48. Bell WH, Levy BM. Revascularization and bone healing after posterior maxillary osteotomy. *J Oral Surg.* 1971;29(5):313-20.
49. Bell WH, Fonseca RJ, Kenneky JW, Levy BM. Bone healing and revascularization after total maxillary osteotomy. *J Oral Surg.* 1975;33(4):253-60.
50. Nelson RL, Path MG, Ogle RG, Waite DE, Meyer MW. Quantitation of blood flow after Le Fort I osteotomy. *J Oral Surg.* 1977;35(1):10-6.

51. Gauthier A, Lezy JP, Vacher C. Vascularization of the palate in maxillary osteotomies: anatomical study. *Surg Radiol Anat.* 2002;24(1):13-7.
52. Meyer MW, Cavanaugh GD. Blood flow changes after orthognathic surgery: maxillary and mandibular subapical osteotomy. *J Oral Surg.* 1976;34(6):495-501.
53. West RA, Epker BN. Posterior maxillary surgery its place in the treatment of dentofacial deformities. *J Oral Surg.* 1972;30(8):562-3.
54. Quejada JG, Kawamura H, Finn RA, Bell WH. Wound healing associated with segmental total maxillary osteotomy. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 1986;44(5):366-77.
55. El Deeb M, Waite DE, Meyer MW. Evaluation of local blood flow after total maxillary osteotomy. *J Oral Surg.* 1981;39(4):249-54.
56. Jaung R, Cook P, Blyth P. A comparison of embalming fluids for use in surgical workshops. *Clinical anatomy (New York, NY).* 2011;24(2):155-61.
57. Thiel W. [The preservation of the whole corpse with natural color]. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger : official organ of the Anatomische Gesellschaft.* 1992;174(3):185-95.
58. Thiel W. [An arterial substance for subsequent injection during the preservation of the whole corpse]. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger : official organ of the Anatomische Gesellschaft.* 1992;174(3):197-200.
59. Anderhuber F WA, Stelzl A, Gügerl L. *Der Grazer Topographisch-anatomische Sezierkurs.* Graz: Leykam Buchverlag; 2005 2005. 120 p.
60. Lippert H, Papst R. *Arterial variations in man: classification and frequency.* München: Bergmann; 1985. 121 S. p.
61. Toldt C, Hochstetter F. *Toldts Anatomischer Atlas : für Studierende und Ärzte.* 22. Aufl. / ed. Wien: Urban & Schwarzenberg; 1951.
62. Li KK, Meara JG, Alexander A, Jr. Location of the descending palatine artery in relation to the Le Fort I osteotomy. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 1996;54(7):822-5; discussion 6-7.
63. Nelson RL, Path MG, Ogle RG, Jensen GD, Olson DV, Sokoloski PM, et al. Quantitation of blood flow after anterior maxillary osteotomy: investigation of three surgical approaches. *J Oral Surg.* 1978;36(2):106-11.

64. Maher WP. Distribution of palatal and other arteries in cleft and non-cleft human palates. *The Cleft palate journal*. 1977;14(1):1-12.

65. Carlos E, Monnazzi MS, Castiglia YM, Gabrielli MF, Passeri LA, Guimaraes NC. Orthognathic surgery with or without induced hypotension. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2014;43(5):577-80.