

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Anatomie

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Hildebrandt -

Die arterielle Versorgung des Ober- und Unterkieferknochens
- mikro- und makroskopisch -

Eine experimentelle Studie

Inaugural – Dissertation

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium
der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Knaf, Cathrin
aus Dortmund
2008

**Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster**

Dekan: Univ.- Prof. Dr. Volker Arolt

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. U. Stratmann

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. med. dent. J. Kleinheinz

Tag der mündlichen Prüfung: 05.03.2008

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Institut für Anatomie

- **Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Hildebrandt** -

- Referent: Prof. Dr. med. dent. U. Stratmann -

- Koreferent: Prof. Dr. Dr. med. dent. J. Kleinheinz -

ZUSAMMENFASSUNG

Die makroskopisch - arterielle Versorgung des menschlichen Ober- und Unterkieferknochens

Knaf, Cathrin

Die vorliegende anatomische Studie an präparierten humanen Körperspenden und an mazerierten Schädeln beschäftigte sich mit der Darstellung der arteriellen Versorgung der Maxilla und der Mandibula mittels einer Gefäßinjektionstechnik der A. carotis externa.

Ziel dieser Studie war es, den topographischen Verlauf der arteriellen Hauptstromgebiete sowie die Anzahl, Größe und Verteilung der akzessorischen Foramina nutriciae der Ober- und Unterkieferknochen zu untersuchen. An den mazerierten Schädelknochen wurde die Größe der Foramina nutriciae vermessen und ihre Lokalisation nach topographischer Regionenzuordnung fotodokumentiert. Die Konturen von 13 Regionen im Oberkiefer und 11 Regionen im Unterkiefer wurden auf den Knochenoberflächen markiert und ihr Flächeninhalt vermessen.

Für die makroskopische Darstellung der Arterien wurde eine gefärbte Kautschuk-Dispersion in die A. carotis externa injiziert. Nach Präparation der relevanten Ober- und Unterkieferarterien wurden deren knochenversorgenden Äste aufgesucht und ihre Beziehung zu den umgebenden anatomischen Strukturen fotodokumentiert.

Die Ergebnisse belegen eine hohe interindividuelle Variabilität bezüglich der Anzahl und Lage der akzessorischen Foramina nutriciae vor allem beim Oberkiefer.

Im Unterkiefer werden deutlich weniger Foramina, bezogen auf die Referenzfläche, als im Oberkiefer nachgewiesen. Die Gesamtzahl der Foramina im Verhältnis von Oberkiefer zu Unterkiefer liegt bei 1267: 404.

Der mittlere Durchschnitt der Foramina liegt bei 17,6 im Oberkiefer und 6,15 im Unterkiefer, jeweils zwischen $0,15 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ mm}$. Die Lage der größeren Foramina ($\geq 0,5 \text{ mm}$) war in beiden Kiefern konstanter als die der kleinkalibrigeren Foramina.

Klinisch spielen die Foramina eine wichtige Rolle für die Vitalität des Knochens. Besonders nach chirurgischen Eingriffen sind sie bedeutsam für die Knochenheilung, um eine Nekrose zu verhindern. Deshalb soll man keinen Knochen dort entnehmen, wo größere Blutgefäße in ihn eintreten, z.B. lingual, mittig im Unterkiefer. Bei der Kinnknochengewinnung muss man die Innenkortikalis schonen und die retromolare Knochenentnahme erfolgt nicht retromolar am Trigonum, sondern weiter vestibulär an der linea obliqua.

Tag der mündlichen Prüfung: 05.03.2008

**Für meine Eltern,
die mir nicht nur das Studium
der Zahnheilkunde ermöglicht haben,
sondern auf deren Rückhalt ich
immer vertrauen konnte.**

DANKE!

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

1.1	Makroskopische Blutversorgung des Knochens	
1.1.1	Maxilla	1 - 3
1.1.2	Mandibula	3 - 5
1.2	Mikroskopische Blutversorgung des Knochens	5 - 10
1.3	Problemstellung	11 - 14

2. Material und Methode

2.1	Material	14
2.1.1	Eigenschaften des angewendeten Materials	15 - 16
2.1.2	Material der aufgetrennten Ober- und Unterkiefer	
	Spalteholz-Methode:	16 - 17
2.1.3	Geräte	17
2.2	Methodik	18
2.2.1	Darstellung der Präparate und der Gefäßlatexinjektion	18
2.2.2	Gefäßinjektion (Revultex)	18 - 20
2.3	Präparationsbeschreibung der Arterien im Einzelnen	20 - 22
2.4	Einteilung der mazerierten Ober- und Unterkieferknochen	22 - 23

3. Ergebnisse

3.1	Oberkiefer	24
3.1.1	Makroskopie der Blutversorgung	24 - 32
3.1.2	Morphometrie	33 - 44
3.2	Unterkiefer	45
3.2.1	Makroskopie der Blutversorgung	45 - 51
3.2.2	Morphometrie	52 - 61

4. Diskussion

4.1	Beurteilung der Injektionsmethoden und der verwendeten Materialien	61 - 64
4.1.1	Korrosionstechnik	65
4.1.2	Plastoid nach Schummer (1951)	66 - 67
4.1.3	Aufhellung	68 - 69
4.1.4	Imprägnation	69 - 70
4.1.5	Die Herstellung von Korrosionspräparaten unter Erhaltung der Knochen	71
4.2	Interpretation der eigenen Ergebnisse	71 - 72

5. Literaturverzeichnis 73 - 77

6. Verzeichnis der Abbildungen 78 - 79

7. Danksagung 80

8. Lebenslauf 81

1. Einleitung

1.1 Makroskopische Blutversorgung des Knochens

1.1.1 Maxilla

Die dünne, kortikale Platte der Maxilla wird vom Periost aus regelmäßig von kleinen Gefäßöffnungen (Volkmann'sche Kanäle), vor allem auf der vestibulären Fläche des Alveolarfortsatzes, perforiert (Bhaskar 1986, Sammon und Thomas 1981, Prowenza und Seibel 1986). Die Alveolarfortsätze des OK werden über die anterioren und posterioren Alveolararterien, die als Äste der A. maxillaris und der A. infraorbitalis entspringen, mit Blut versorgt (Schroeder 1987).

Laut Lavelle (1975) und Berkowitz (1980) verläuft die A. alveolaris superior posterior gekrümmt über den tuber maxillae und durch Knochenkanäle, um die Molaren und die Prämolaren zu versorgen. Von der Arterie zweigen auch Äste zum sinus maxillaris ab.

Sie verläuft in der lateralen Wand des sinus maxillaris und endet im Bereich des Eckzahnes, um hier mit der vorderen und hinteren Alveolararterie zu anastomosieren. Der anteriore Ast entsteht ebenfalls aus der A. infraorbitalis und verläuft in der anterioren Wand des sinus maxillaris nach unten, um die Frontzähne zu versorgen.

Nach Lang (1985) entspringt die A. alveolaris superior posterior bei Eintritt in die fossa pterygopalatina meist gekoppelt aus der A. maxillaris. Bei einfachem Ursprung teilt sie sich meist in zwei Äste, die zusammen mit den gleichnamigen Nerven die Rückfläche des Tuber maxillae durchsetzen und über die foramina alveolaria in die canales alveolares superiores posteriores eintreten. Die foramina sind von zahlreichen kleineren Öffnungen umgeben, die an der inneren Oberfläche der Hinterwand des sinus maxillaris enden.

In 90 % der Fälle verläuft auch nur ein Kanal weiter abwärts und nach vorne und erreicht seine tiefste Ebene in Höhe des 1. Molaren. Anschließend verläuft der Kanal etwas nach aufwärts bis in die Höhe des 3. oder 4. Zahnfaches und vereinigt sich dann mit dem canalis alveolaris superior anterior. Häufig sind die sinuseitigen Wände des Kanals so dünn, dass die durchziehenden Nerven und Gefäße nur von der Kieferhöhlenschleimhaut bedeckt sind. In 50 % findet sich ein zusätzlicher canalis molaris, dessen Durchmesser nur etwa ein Drittel des canalis alveolaris superior posterior beträgt. Er verläuft nach vorne und unten dicht an den Wurzeln der Molaren bis zum 1. Molar. Der canalis molaris besitzt entweder eine eigene Öffnung an der facies infratemporalis der Maxilla oder geht als Ast vom Hauptkanal ab.

Die a. alveolaris superior posterior speist in ihrer Verlaufsstrecke den Markraum der Spongiosa und entsendet weitere Äste zur Schleimhaut des Sinus Maxillaris, zu den interdentalen und interradiculären Septen sowie entsprechende Aa.dentales (pulpales). In ihrem vorderen Abschnitt anastomosiert sie mit der A. alveolaris superior posterior. Dieses Gefäß zweigt von der Kanalstrecke der A. infraorbitalis kurz vor ihrem Austritt aus dem foramen infraorbitale ab (ca. 15 mm hinter dem Foramen) und verläuft dann im canalis alveolaris superior anterior in der vorderen Sinuswand nach vorn unten in Richtung der Wurzeln der Schneidezähne und in einem konvexen Bogen nach hinten zur Vereinigung mit der A. superior posterior.

In 53,6 % besteht ein canalis alveolaris superior medius, der in 1 – 3 mm Abstand seitlich des Sulcus infraorbitalis beginnt und die gleichnamige Arterie als Ast der A. infraorbitalis in der vorderen und seitlichen Sinuswand nach unten in die Gegend des Eckzahnes führt, um sich mit dem Hauptkanal zu vereinigen.

Die laterale/faciale Seite der Maxilla wird von Ästen der A. alveolaris superior posterior und der A. infraorbitalis versorgt, die eine konstante Anastomose in der seitlichen Sinuswand bilden. Bei 44 % der Fälle war eine zusätzliche extraossäre, epiperiostale Anastomose zwischen diesen beiden Arterien angelegt.

Diese beiden Anastomosen formen eine doppelte arterielle Arkade zur Versorgung der lateralen Sinuswand, den Alveolarfortsatz und die angrenzende Mukosa (Solar et al. 1999; Traxler et al. 1999).

Siebert et al. 1997 beschrieb, dass die Gefäßversorgung der Maxilla zusätzlich zur reich vaskularisierten Alveolarmukosa von der A. palatina ascendens der A. facialis und vom anderen Ast der A. pharyngea ascendens sichergestellt wird. Die Blutversorgung des Ober- und Unterkiefers wird laut You (1991) nicht nur von den Alveolararterien, sondern auch von den Arterien des angrenzenden Mukoperiosteums sichergestellt.

1.1.2 Mandibula

Die pars alveolaris des Unterkiefers wird sowohl über Äste der A. alveolaris inferior von innen her als auch über periostale Äste der A. submentalis und der A. buccalis, die durch Volkmann'sche Kanäle der äußeren Knochenplatte eindringen, mit arteriellem Blut gespeist. Die alveolären Arterien entsenden bei der Passage durch ihre Knochenkanäle die Aa. interdentes und Aa. interradiculares, die innerhalb der Spongiosa der gleichnamigen Septen nach koronal ziehen und rami perforantes durch die foramina der lamina cribiformis ins Desmodontium schicken (Schroeder, 1987). Nach Lang (1985) tritt der Hauptstamm der A. alveolaris inferior am foramen mandibulae in den canalis mandibulae ein.

Dieser Kanal durchsetzt die Spongiosa des Unterkieferkörpers knapp unterhalb der Alveolen. Er setzt sich entweder gedoppelt oder ungefähr gleichweit bleibend bis zum foramen mentale fort. Nachdem er den 3 - 6 mm langen Seitenkanal für den nervus und seine Begleitgefäße abgegeben hat, verengt er sich und führt lediglich

Nerven und Gefäße für den dens caninus und die dentes incisivi und endet dann blind. In ihrer Verlaufsstrecke bis zum dens prämolari 1 gibt die A. alveolaris inferior kleine Äste zum Markraum der Spongiosa und weitere Äste zu den interdentalen und interradiculären Septen sowie entsprechende Aa. dentales (pulpales) ab. Die A. alveolaris inferior teilt sich gewöhnlich unter dem 1. Prämolaren in den Ramus incisivus und den ramus mentalis.

Der ramus mentalis verlässt das gleichnamige foramen, wogegen der ramus incisivus bis zu den dentes incisivi weiter nach vorn zieht und über die Medianebene hinaus mit der Arterie der Gegenseite anastomosieren kann. Neurovaskuläre Leitungsbahnen treten durch kleinere Öffnungen (Durchmesser > 0,1 mm) im Gebiet der fossa retromolaris, des sehnigen Temporalansatzes und des collum mandibulae zur Versorgung des aufsteigenden Astes des UK ein. Bei 57,9 % des ausgewerteten Materials wurde zudem ein laterales retromolares Foramen auf der Innenseite im Bereich der seitlichen Schneidezähne, des Eckzahnes oder der Prämolaren mit Eintritt eines Astes der A. submentalis oder seltener der A. sublingualis gefunden (Lang 1995).

Carter und Kenn (1971) untersuchten 62 Mandiblen und fanden foramina mandibularia posteriora zum Eintritt von neurovaskulären Bündeln an der Oberfläche des hinteren Abschnittes des Unterkiefers.

Bei der Erfassung aller Öffnungen ab einem Durchmesser von 0,1 mm wurden diese regelmäßig in der Gegend des collum mandibulae, des foramen mandibulae und der fossa retromolaris beobachtet. Das Größte dieser foramina (>0,4 mm) lag in der fossa retromolaris und in der Nachbarschaft des Collum. Weitere Foramina lagen stets im Bereich von Muskelansätzen (z. B. im Bereich der Ansatzsehne des M. temporalis am processus coronoideus). Porter und Sweet (1942) fanden akzesorische Kanäle regelmäßig in der Gegend der spina mentalis. Durch diese in der Mittellinie liegenden foramina linguales treten Äste der A. lingualis in den Unterkiefer ein und anastomosieren mit dem Endast der A. alveolaris inferior, der nach Abgang der A. incisiva bezeichnet wird. Gahleitner et al. (2001) und Tepper

et al. (2001) wiesen bei allen Probanden wenigstens einen gefäßführenden canalis lingualis nach. Bei 20 Probanden (63%) fanden sich multiple (2 - 5) Kanäle. Die typische Lokalisation des Kanals war die Mittellinie der Mandibula und die Prämolarenregion. Der mittlere Durchmesser des canalis lingualis lag bei 0,7 +/- 0,3 mm (range: 0,4 - 1,5 mm).

Das intraligamentäre Versorgungsgebiet der A. alveolaris inferior umfasst den gesamten medullären Raum und dehnt sich bis in die innere Hälfte der Kortikalis aus. Die äußere Hälfte der Unterkieferkortikalis wird von periostalen Blutgefäßen übernommen (Lavelle, 1975). Von den periostalen Blutgefäßen liefert die A. facialis den größten extraossären Beitrag zur Blutversorgung des corpus mandibulae (McGregor und McDonald, 1994).

Bei älteren Menschen obliteriert die A. alveolaris inferior in ca. 50 % der Fälle, wogegen die Knochenäste der A. submentalis und der A. sublingualis unverändert bleiben und somit den größeren Teil der Unterkieferversorgung übernehmen (Staudt et al. 1980).

1.2. Mikroskopische Blutversorgung des Knochens

Knochen sind die wichtigsten Bestandteile des Skeletts, sie schützen und stützen. Knochen ist fest gegen Zug, Druck, Biegung und Dehnung; er gehört zu den härtesten Geweben des menschlichen Körpers. Der Knochen hat aber auch metabolische Aufgaben. Er ist der wichtigste Kalziumspeicher des Körpers. Durch Knochenabbau und Knochenaufbau kann der Kalziumspiegel des Blutes den jeweiligen Bedürfnissen des Organismus angepasst werden. Jeder Knochen besteht aus der substantia compacta, die als äußere kompakte Schicht den Knochen umgibt, und der substantia spongiosa, die im Inneren ein schwammartiges Balkenwerk bildet. Im Einzelnen gibt es jedoch zwischen der Dicke der substantia compacta, dem Knochen und der Entfaltung der substantia spongiosa große Unterschiede, schließlich gehören Bindegewebeschichten zum Knochen, und zwar das Periost und das Endost.

Das Periost bedeckt den größten Teil des Knochens von außen. Es fehlt nur dort, wo Knorpel dem Knochen anliegt. Das Periost ist reich an Nerven und führt die der Ernährung/Versorgung des Knochens dienenden Gefäße.

Das Endost liegt der Substantia Compacta von innen an. Knochen gehört zum Bindegewebe. Dies macht verständlich, dass alle Knochen aus denselben Baumaterialien bestehen, nämlich aus:

- Knochenzellen(Osteozyten) und
- Interzellulärsubstanz (Matrix, Knochengrundsubstanz und Osteoid)

Die Knochenzellen liegen in 4 verschiedenen Formen vor:

1. Vorläuferzellen:

Sie sind während des ganzen Lebens im Knochen vorhanden.

Sie sind mesenchymaler Herkunft und besonders proliferationsfreudig. Sie liegen in der Nähe der äußeren und inneren Knochenoberfläche sowie in den Havers-Kanälen. Sie können sich in Osteoblasten mit deutlich ausgeprägtem Syntheseparat umwandeln. Sie sind während des Knochenwachstums aktiv. Später können sie bei Knochenbrüchen wieder aktiviert werden.

2. Osteoblasten:

Sie sind für die Synthese der organischen Bestandteile der Knochengrundsubstanz verantwortlich, nämlich von Kollagen, Proteoglykanen und Glykoproteinen. Außerdem wirken sie bei der Hartschubstanzbildung mit und liegen meist an der Oberfläche von Knochenbälkchen. Ihre Aktivität wird v. a. durch das somatotrope Hormon gesteuert. Die neu gebildete, noch nicht verkalkte Grundsubstanz, die von den Osteoblasten abgegeben wurde, wird als Osteoid oder Vorknochen bezeichnet.

3. Osteozyten:

Sie sind aus den Osteoblasten hervorgegangen. Sie dienen der Erhaltung des Knochens. Gehen Osteozyten zugrunde, wird die benachbarte Matrix abgebaut. Wenn eine Knochenzelle ringsum von Knochengrundsubstanz umgeben ist, wird sie als Osteozyt bezeichnet. Funktionell liegen Osteozyten in 2 Formen vor: Osteozyten und osteolytische Osteozyten.

Die erstgenannten dienen u. a. der Erhaltung der vorhandenen Grundsubstanz. Osteozyten und Osteoblasten enthalten protein- und glykoprotein gebundenes Kalziumphosphat. Kalzium und Phosphat werden später zum Aufbau der interzellulären Hartschubstanz verwendet. Die osteolytischen Osteozyten haben die Fähigkeit, Hartschubstanz abzubauen, d.h. Kalzium kann aus Knochen freigesetzt werden.

4. Osteoklasten:

Osteoklasten sind offenbar in der Lage, Knochengrundsubstanz abzubauen. Dort, wo Knochen abgebaut wird, liegen häufig Teile der Osteoklasten in Einbuchtungen der Grundsubstanz, den Howship-Lakunen („Fraßspur“ der Osteoklasten). Histophysiologisch ist nachweisbar, dass ein Osteoklast pro Zeiteinheit die gleiche Knochenmenge abbaut, die von 100 - 150 Osteoblasten aufgebaut wurde. Die Steuerung der Aktivität der Osteoklasten erfolgt hormonell: Hemmung durch Kalzitinin und Östrogene, Förderung durch Parathyrin.

Es gibt klinische Hinweise, dass es vorkommt, dass Knochenstellen der Proliferationskontrolle entgehen und Tumore bilden. Gutartige sind Osteome, bösartige Osteosarkome. Die Interzellulärsubstanz des Knochens wird auch als Knochengrundsubstanz bezeichnet. Sie besteht ca. zu 50 % aus Mineralien, zu ca. 25 % aus organischen Verbindungen und etwa zu 25 % aus Hydratationswasser.

Bei den Knochenkanälchen sind zwei zu unterscheiden:

1. Canales centrales (Havers-Kanäle) sind Teile eines die Knochensubstanz durchziehenden Kanalsystems, das v. a. die den Knochen ernährenden Blutgefäße sowie Nerven leitet. Außerdem enthalten sie lockeres Bindegewebe mit Vorläuferzellen und die Knochenoberfläche bekleidende Zellen. Der Durchmesser der Zentralkanäle liegt zwischen 20 und 300 µm. Er ist umso größer, je höher die Zahl der Speziallamellen (lamellae osteoni) ist. Speziallamellen gehören jeweils zu einem Lamellensystem. Derartige Lamellensysteme werden als Osteone (oder Harvers-Systeme) bezeichnet.

2. Canales perforantes (Volkmann-Kanäle) stehen mit Canales centrales (Harvers-Kanäle) in Verbindung. In den Canales perforantes treten Gefäße aus dem Periost bzw. Endost ein. Bei Knochenverletzungen, z. B. Brüchen, kann es zu erheblichen Blutungen aus den Knochengefäßen kommen.

Der Knochen wird an seiner äußeren und inneren Oberfläche von Bindegewebe bedeckt, dem

- Periost bzw.
- Endost

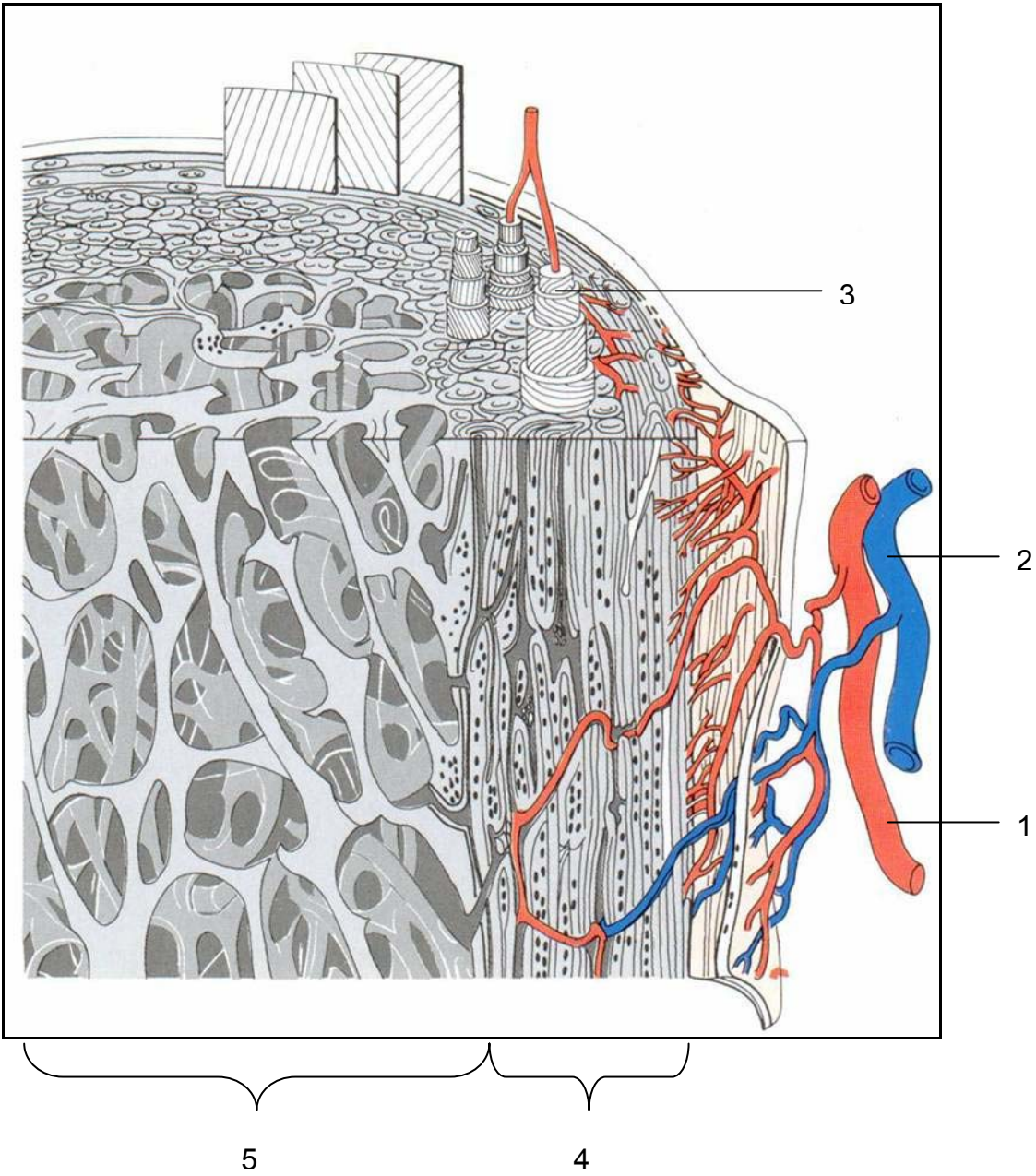
Knochen ohne oberflächliches Bindegewebe (oder ohne Osteoblasten) unterliegen sofort einer Resorption, dort treten Osteoklasten auf und bauen Knochen ab. Diese Tatsache spielt bei der Behandlung von Knochenverletzungen oder bei chirurgischen Eingriffen am Knochen eine große Rolle. Das Periost besteht aus dem Stratum fibrosum (einer äußeren, dem Knochen abgewandten Schicht) und dem Statum osteogenicum (Kambiumschicht, die dem Knochen unmittelbar anliegt).

Das Stratum fibrosum ist eine sehr faserreiche Schicht. Sie enthält außerdem Fibroblasten. Bündel periostaler Kollagenfasern treten in die Knochenmatrix ein, die so genannten Sharpey-Fasern. Diese befestigen das Periost am Knochen.

Die Schicht des Stratum osteogenicum ist sehr zell-, nerven- und gefäßreich. Außer Fibroblasten kommen Knochenvorläuferzellen vor. Das Periost ist sehr schmerzempfindlich durch seinen Nervenreichtum. Von den Gefäßen des Periostes treten Äste in die Canales perforantes des Knochens ein – größere durch makroskopisch wahrnehmbare Foramina nutriciae, so dass das Periost wesentlich zur Ernährung und Erhaltung des Knochens beiträgt.

Das Endost besteht aus abgeflachten Bindegewebezellen, die den Knochen an der inneren Oberfläche einschließlich der Spongiosabälkchen bedecken und auch die Knochenkanäle auskleiden. Kollagenfasern fehlen, aber das Endost hat gemeinsam mit dem Periost die Fähigkeit, Knochen neu zu bilden.

Abbildung 1: Mikroskopie des Knochens



- 1 Ateria nutricia
- 2 Vena nutricia
- 3 Osteon mit zentralem Haver' schen Kanal
- 4 Substantia corticalis
- 5 Substantia spongiosa

1.3 Problemstellung

Eine große Anzahl von Untersuchungen zur Darstellung von Vaskularisierung im OK und UK liegen vor, jedoch nicht Messungen mit endodontischen Nadeln und der Aufhellungsbehandlung (Spalteholz-Methode) zur Darstellung der Mikrovaskularisation (n = 15) und mit Gefäßlatexinjektion (n = 15) zur Darstellung der Makrovaskularisation.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Mikrovaskularisation und Makrovaskularisation anhand unfixierter und fixierter Köpfe von Körperspenden mit stark reduziertem Zahnbestand (häufig Zahnlosigkeit!) und einem Sterbealter zwischen 62 und 84 Jahren darzustellen. Zusätzlich wählten wir noch 10 mazerierte Ober- und Unterkieferknochen.

Bestimmte chirurgische Eingriffe, entweder aufgrund von Unfällen, oder um an pathologisch veränderte Strukturen im Kopf- und/oder Halsbereich zu gelangen, benötigen eine große Erfahrung. Es ist das Ziel jedes Behandlers, das Operationsgebiet so klein wie nötig zu halten und das Remodelling an die Ausgangsposition anzupassen.

Frakturierte Knochen werden verplattet oder verschnürt und sollten vom darüber liegenden Gewebe geschützt werden. Die Struktur der Kortikalis und der Knochenbälkchen der Spongiosa entspricht generell derjenigen anderer Knochen; d.h. sie besteht aus Haverschen Systemen (Osteonen) und interstitiellen Lamellen. Die Kortikalis ist im UK stellenweise dicker und stärker ausgeprägt als im OK. Innerhalb beider Kiefer ist die Dicke der Kortikalis je nach Stellung der Zähne außerordentlich variabel, oral aber generell größer als vestibulär (MacMillan, H. W.), (Schroeder, H. E.).

Der die Alveolenwand bildende Alveolarknochen, die Lamina cribiformis, ist 0,1 - 0,4 mm² dick und besitzt den Charakter eines feinklöcherigen Siebes, das an den Knochenbälkchen der Spongiosa befestigt ist. Die im koronalen und apikalen Bereich der Alveolen besonders zahlreichen Foramina dieser Knochenplatte verbinden das Desmodont und die Knochenmarksräume. Diese Öffnungen entsprechen den Volkmann'schen Kanälen und ihre Dichte nimmt von Alveole zu Alveole in posteriorer Richtung zu. Sie werden von Blut- und Lymphgefäßen sowie von Nervenfasern durchzogen. Auf die makroanatomische Deskription des venösen Abflusssystemes wird verzichtet, da sie von untergeordneter klinischer (operativer) Relevanz sind. Die Alveolarfortsätze des OK werden über die anterioren und posterioren Alveolararterien, die als Äste der A. maxillaris und der A. infraorbitalis entspringen, mit Blut versorgt.

Die Pars alveolaris des UK wird sowohl über die Äste der A. alveolaris inferioris von innen her als auch über die periostalen Äste der A. submentalis und der A. buccalis, die durch die Volkmann'schen Kanäle der äußeren Knochenplatte eindringen, von arteriellem Blut erreicht (Perint, J.).

Der Alveolarfortsatz unterliegt einem ständigen Remodelling. Diese Erneuerung, aber auch der Knochenstoffwechsel, basiert auf der Aktivität von 4 morphologisch und funktionell verschiedenen Zellen:

1. Osteoblasten (knochenaufbauende Zellen)
 2. Junge Osteozyten (regulieren Ausreifung und Mineralisation des neuen Knochens)
 3. Ältere Osteozyten
 4. Osteoklasten (knochenabbauende Zellen)
- (Frank, R.M., P. Frank), (Baud, C.A.), (Rohr, H.)

Im Gegensatz zu den anderen Geweben des Körpers, die nach Verletzung meist unter Bildung einer Narbe abheilen, ist der Knochen zu einer kompletten Regeneration fähig. Bruchheilung ist somit eine Sonderform des physiologischen Remodelling, das zeitlebens eine funktionelle Anpassung des Knochens an die jeweiligen Belastungsanforderungen gewährleistet. Nicht exakt quantifizierbare Grundbedingungen für eine Frakturheilung sind z. B.:

- „ausreichende“ Durchblutung der Fragmente
- primäre und sekundäre Heilungsvorgänge, ähnlich denen der Weichgewebe, können unterschieden werden
- interfragmentäre Ruhe > primäre Heilung
- interfragmentäre Unruhe > sekundäre Heilung

Die primäre Bruchheilung ist bei funktionsbelasteten Knochen nur durch bestimmte Osteosyntheseverfahren erreichbar (Schrauben, Platten) . Sie ist eine Kontaktheilung ohne Kallusbildung. Die sekundäre Bruchheilung erfolgt auf dem Umweg einer Kallusbildung; durch die mangelnde, interfragmentäre Ruhe.

Bleibt die knöcherne Konsolidierung an der Fraktur über die hierfür normalerweise erforderliche Zeit hinaus aus, spricht man von verzögerter Bruchheilung (delayed union) (Schwenzer und Ehrenfeld, spezielle Chirurgie Teil 2). Keine Entwicklung, Reifung oder Rekonstruktion im Körper ist ohne eine intakte Vaskularisation zu verwirklichen. Schon andere Autoren arbeiteten mit Injektionen aus z. B. einer Mischung aus Latex und Bariumsulfat (Traxler, H.) oder reinem Latex (Williams und Wilkins), um die Vaskularisation im Le Fort 1 Segment oder der Oberkiefer Sinus Region zu untersuchen.

In der Darstellung der Gefäßversorgung wird zwischen Makro- und Mikrovaskularisation mit folgender Einteilung unterschieden:

Mikrovaskularisation: Gefäßlumina < 100 µm

Makrovaskularisation: Gefäßlumina > 100 µm (ohne optische Hilfsmittel sichtbar).

Die Gefäßlumina der mazerierten Kiefer wurden mit Hilfe von kleinen, mit „Teflon“ beschichteten endodontischen Nadeln bestimmt. Es gibt drei verschiedene Größen:

- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| 1. Nadel mit rotem Schaft: 0,10 mm | } | Die verwendeten Nadeln sind nicht spitz, sondern an ihrem Ende „gerade“ abgetrennt. |
| 2. Nadel mit grünem Schaft: 0,15 mm | | |
| 3. Nadel mit schwarzem Schaft: 0,20mm | | |

2. Material und Methoden

2.1 Material

In dieser Studie, die von Juli 2003 – Oktober 2003 durchgeführt wurde, dienten fixierte und unfixierte Köpfe von Körperspendern der Westfälischen-Wilhelms-Universität (Anatom. Institut) und mazerierte Ober- und Unterkieferknochen aus dem Institut für Anatomie der WWU Münster als Grundlage. Die fixierten Köpfe waren in einem Chloralhydrat-Karion-Formalin-Gemisch konserviert (üblich auch in den anatom. Studentenkursen), und die unfixierten Köpfe wurden schockgefrostet, bei – 60° C in mediosagittaler Richtung halbiert und zur Injektion und Präparation aufgetaut. Als Injektionsmittel wurde das Produkt Revoltex benutzt. Es fällt unter den Handelsnamen GIVUL. Der Lieferant ist die Kautschuk-Gesellschaft MBH aus Frankfurt am Main.

2.1.1 Eigenschaften des angewendeten Materials

Chemische Charakterisierung:

Kautschuk-Dispersion mit Ammoniak stabilisiert, vorvulkanisiert, NH₃-Gehalt ca. 0,7 % bzw. ca. 0,3 %

- kann Fischsterben verursachen, nicht in öffentliche Gewässer
- Klärbeckenentsorgung
- Lagerung: nicht lange über 35° C, nicht unter + 5° C (frostepfindlich)

Physik. + chem. Eigenschaften (bei 20°C Raumtemperatur):

Form :	flüssig
Farbe:	milchig weiß
Geruch :	nach Ammoniak
Schmelztemp.:	0° C (Wasser)
Siedepunkt:	ca. 100° C (Wasser)
Dampfdruck (20° C):	30 mbar
Dichte (20° C) :	1,0 g km ³

- unlöslich in Wasser, aber in jedem Verhältnis mit H₂O mischbar,
ph Wert bei g/l H₂O, 20° C : 9 - 11

Das Material ist makroskopisch anzuwenden für:

- Tauchartikel
- Babysauger
- Handschuhe
- Ballons
- Textilbeschichtungen
- Imprägnierungen
- Formartikel
- Kaltguss
- Dichtungsmassen
- Klebstoffe

Plakatfarbe:

rot (Wacofin Malfarbe, Heinrich Wagner Böblingen/Zürich)

Weitere Materialien:

- 20 ml fassende Spritze mit 1,2 mm starker, aufgesetzter Kanüle
- Polypropylenfaden der Stärke 4,0
- Formalin (3%ig)

2.1.2 Material der aufgetrennten Ober – und Unterkiefer

Spalteholz-Methode:

Das Präparieren der OK- und UK-Knochen und Arterien erfolgt mit einem scharfen Skalpell, Schere und chirurg. Pinzette.

Die gewonnenen Proben wurden durch die Spalteholz-Methode aufgetrennt und dann fotografiert.

Die Aufhellungsmethode /-technik nach Spalteholz erfolgt mit gebräuchlichen Fixierflüssigkeiten wie Formalin, hier 4%ig und verschiedenen Alkohollösungen (60-, 80-, 90-, 96- und 100%ig), Wintergrünöl und Trichloressigsäure (5%).

Folgende Arbeitsschritte :

Die entnommenen Präparate werden für 24 h in Formalin (4%) fixiert. Um alle Spuren von Säure oder Alkali zu entfernen, wässert man die Präparate 2 - 6 Tage unter fließendem Wasser und überführt sie dann für 1 - 2 Tage in destilliertes Wasser. Durch ansteigende Alkoholreihen werden sie wasserfrei gemacht. Zuerst werden die Proben dann für 3 Tage in 5%iger Trichloressigsäure aufbewahrt. Danach 2 Tage lang in 60%igem Alkohol, für 4 Tage in 80%igem, und jeweils 1 Tag in 90-, 96- und 100%igem Alkohol. Danach wird es für ca. 2 - 4 Tage in Wintergrünöl fixiert. Dies ist die Endflüssigkeit, die einen mittleren oder höheren Brechungsindex in Bezug auf das Präparat aufweisen soll, damit ein Maximum an Durchsichtigkeit erreicht wird. Die Aufbewahrung erfolgt in Glasgefäßen mit geschliffener und polierter Frontscheibe. So kommen die Präparate am Besten zur Wirkung.

2.1.3 Geräte:

- Fotokamera
- Lineal
- Säge
- Aufbewahrungsgefäße (Glasküvetten Waldeck)
- anatomisches Grundbesteck (Skalpell, Pinzette, Schere)

2.2. Methodik

2.2.1 Darstellung der Präparate und der Gefäßlatexinjektion

Die Herstellung der Gefäßlatexinjektion sowie die Herstellung der präparierten Ober- und Unterkieferknochen erfolgte im Präparationsraum im Keller des Anatomischen Instituts. Dort werden auch die Körperspender in ihren „Tanks“ mit Formalin 4% aufbewahrt.

Es wurde stets auf Hygiene geachtet, die durch das Tragen eines Kittels, Mundschutz und Handschuhe erreicht wurden.

2.2.2 Gefäßlatexinjektion (Revultex)

Den konservierten Körperspendern wird der Kopf oberhalb der Glandula thyroidea abgesetzt. Weiter kaudal wäre es unwirtschaftlich, da es den Verlust des Injektionsmaterials über die A. thyroidea superior zur Folge hätte.

Es werden nun die a. carotis communis sinistra und dextra aufgesucht.

Die a. carotis communis versorgt den ventralen und medialen Teil des Halses und den ganzen Kopf und anastomosiert im Bereich der Hirnbasis (Circulus arteriosus cerebri) und der Schilddrüse (kraniale und kaudale Schilddrüsenarterien) mit dem Stromgebiet der a. Subclavia, die im Wesentlichen den lateralen und dorsalen Teil des Halses und die oberen Gliedmaßen versorgt.

Die a. carotis communis verläuft ohne Abgabe kranial – und etwas lateralwärts bis zum Oberrand des Schildknorpels, erweitert sich hier zum sinus caroticus und teilt sich in:

1. A. carotis interna, die ohne Astabgabe durch den canalis caroticus des Felsenbeins in die Schädelhöhle zieht und durch den sinus cavernosus verläuft und folgende Äste abgibt:

A. ophtalmica, A. cerebri media, anterior, A. choroidea anterior und A. communicans posterior

2. A. carotis externa, sie versorgt den Kopf mit Ausnahme des Gehirns, des Augenhöhleninhaltes, der Stirn und des vorderen Teiles der Nasenhöhle. Beim Ursprung aus der carotis communis liegt sie meist ventral und medial von der Carotis interna. Sie zieht oberflächlich durch das Trigonum caroticum, dann unter dem Venter posterior des Digastricus und dem Stylohyoideus, um dorsal vom Ramus mandibulae in der Substanz der Ohrspeicheldrüse bis zum Collum mandibulae aufzusteigen, wo sie in ihre Endäste, A. maxillaris und A. temporalis superficialis, zerfällt.

Während ihres Verlaufs gibt sie folgende Äste ab:

1. Ventral verlaufende Äste:

A.thyroidea superior, A. lingualis, A. facialis

2. medialer Ast:

A.pharyngera ascendes

3. dorsal verlaufende Äste:

A.sternocleidomastoidea, A. occipitalis,

A.auricularis posterior

4. Endäste: Die Teilung erfolgt hinter dem Collum mandibulae in:

A.temporalis superficialis, A. maxillaris

Die A. carotis externa wird beidseitig mit einem Skalpell von der A. carotis communis abgetrennt und mit einem Faden fixiert.

100 ml MR Givul Revultex werden mit 20 ml roter Malfarbe vermischt. Rechtseitig und linksseitig werden ca. 50 ml des Gemisches mit einem Druck von 200 mm/Hg in das Gefäß injiziert. Es wird vor Injektion ein Faden fest um die Kanüle fixiert, damit es keinen Verlust gibt.

Diese so genannte Ausgusstechnik ermöglicht eine Gefäßdarstellung von kleinkalibrigen Arterien bis zu einem Durchmesser von >100 µm.

Die Masse erstarrt und der Kopf wird eingefroren. Im eingefrorenen Zustand wird der Kopf in mediosagittaler Richtung getrennt und danach aufgetaut. Nun kann mit der Präparation begonnen werden.

2.3 Präparationsbeschreibung der Arterien im Einzelnen

Die ventral verlaufenden Äste der a.carotis externa sind schon genannt, aber noch nicht beschrieben worden.

1. A. thyroidea superior, die obere Schilddrüsenarterie, entspringt unmittelbar nach der Carotisteilung, zieht bogenförmig abwärts zum Oberrand und zur Vorderfläche der Schilddrüse.

Außer dem unbedeutenden R. intrahyoideus und R. sternocleido-mastoideus sei erwähnt:

A.laryngea superior, die obere Kehlkopfarterie, und R. cricothyroideus, der vor dem gleichnamigen Bande zur Mittellinie zieht, wo er meist mit dem Ast der anderen Seite anastomosiert (Bedeutung für Laryngotomie!).

2. A. lingualis, die Zungenarterie, entspringt in Höhe des großen Zungenbeinhorns, verschwindet unter dem m. hyoglossus und verläuft geschlängelt zwischen m. genioglossus und m. longitudinalis inferior zur Zungenspitze.

3. A. facialis, die Gesichtsarterie, entspringt unmittelbar oberhalb der A. lingualis (manchmal mit ihr zusammen), zieht unter dem venter posterior des Digastricus in das Trigonum submandibulare, verläuft hier durch die Glandula submandibularis und in stärkeren Krümmungen zum Unterrand des Unterkiefers (vor dem Masseteransatz ist der Puls zu fühlen!). Im Gesicht zieht sie stark geschlängelt aufwärts zum medialen Augenwinkel (Anstomose mit der Ophthalmica).

Die medialen und dorsalwärts laufenden Äste sind für diese Arbeit nicht erwähnenswert.

Bei den Endästen ist die A. maxillaris zu erwähnen. Die Oberkieferschlagader verläuft an der Innenfläche des Ramus mandibulae (Pars mandibularis), zwischen oder auf dem m. pterygoideus lat. (Pars pterygoidea), vorwärts zur Fossa pterygopalatina (Pars pterygopalatina), wo sie in ihre Endäste zerfällt.

1. Pars mandibularis (Äste meist in Knochenkanälen verlaufend):

a) A. auricularis profunda (zum Kiefergelenk)

b) A. alveolaris inferior (Knochen, Zähne, Zahnfleisch) tritt durch das Foramen mentale als A. mentalis zum Kinn und Unterlippe.

Die anderen Äste sind nicht nennenswert.

2. Pars pterygoidea (zu den Kaumuskeln)

3. Pars pterygopalatina (Äste fast alle in Knochenkanälchen)

- a) A. alveolaris superior posterior, die hintere Oberkieferarterie, tritt am Tuber maxillae in den Oberkiefer zu den hinteren Zähnen.
- b) A. infraorbitalis, im Canalis infraorbitalis gehen die Aa. alveolares superiores anteriores zu den vorderen Zähnen des Oberkiefers ab.
- c) A. palatina descendens zum harten Gaumen (A. palatina major).

2.4. Einteilung der mazerierten Ober- und Unterkieferknochen

Diese Ober- und Unterkieferknochen von weiblichen oder männlichen Schädeln stammen überwiegend aus Russland. Die Knochen wurden in Segmente eingeteilt und die zu jedem Segment gehörigen Foramina nutriciae wurden in Größe und Anzahl ermittelt und in einer Tabelle zusammengefasst.

Die Einteilung des OK erfolgte...

- Gaumen: Hinterrand lamina horizontalis, sutura maxillae palatinae (Spina nasalis posterior) und mittig auf den Limbus nach vorne zum Alveolarkamm.
- Sutura: Fissura pterygomaxilla (Unterrand) projiziert auf vordere, untere Kante der Fissura orbitalis inferior
- Crista zygomaticus alveolaris: Foramen infraorbitalis, Margo infraorbitalis, crista lacrimalis anterior, ramus ascendens der Maxilla bis sutura intermaxillaris.

Die Einteilung des UK erfolgte...

- Vestibulär: distale Begrenzung des Foramen mentale (regio mentalis), Corpus und ramus, Regio Buccalis linea obliqua
- Lingual: Trigonum retromolare, Foramen mentale, Crista mylohyoidea, Unterrand des Foramen mandibulae bis Hinterrand
- Alveolarkamm: (Limbus alveolaris/bezahnt), projiziert auf Linea obliqua

Mit Hilfe eines Lineals wurde die Größe der Segmente in mm² ermittelt. Die Größe der Foramina nutriciae wurde anhand von endodontischen Nadeln ermittelt. Diese sind mit Teflon beschichtet und haben folgenden Durchmesser:

Rot: 0,10 mm

Grün: 0,15 mm

Schwarz: 0,20 mm

Diese „Nadeln“ stellte uns Dr. Damasche aus der Poliklinik der Zahnerhaltung netterweise zur Verfügung.

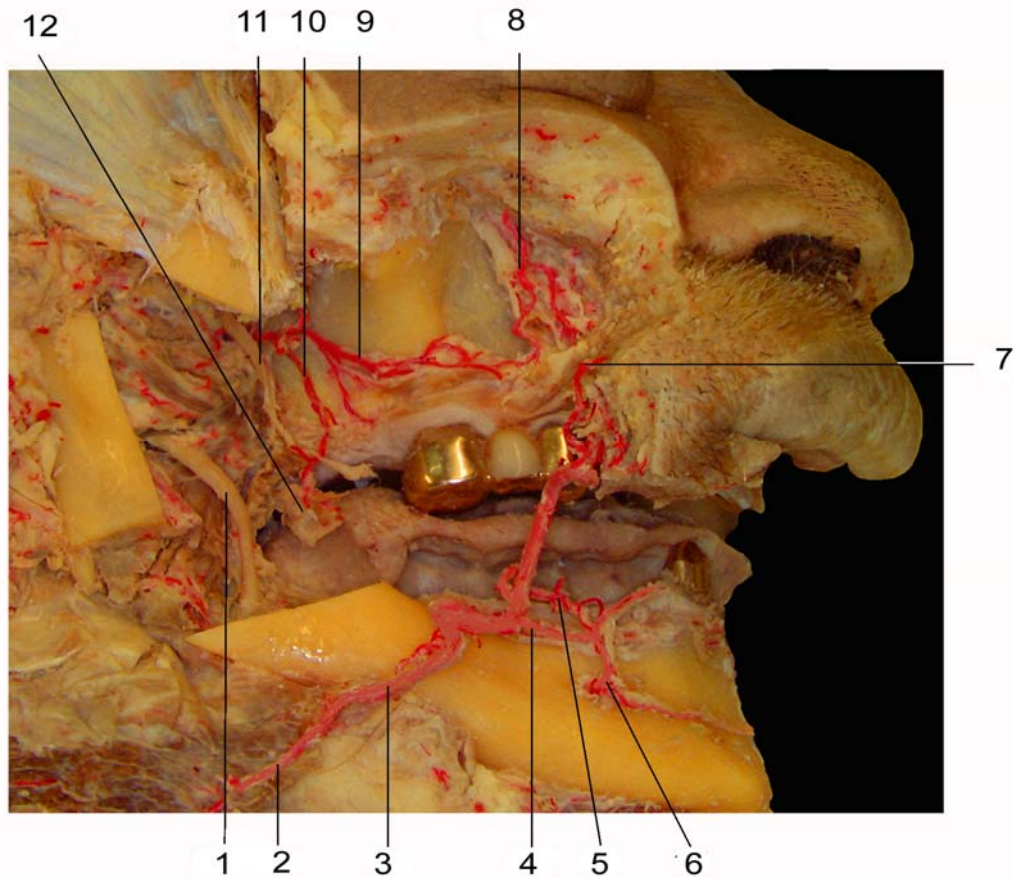
3. Ergebnisse

Diese Auswertung der gewonnenen morphometrischen Daten wurde in Excel-Tabellen übertragen. Es wurden jeweils 10 OK- und UK-Knochen eingeteilt, untersucht, fotografiert und ausgewertet (in mm² und Anzahl der jeweiligen Foramina nutriciae).

3.1. Oberkiefer

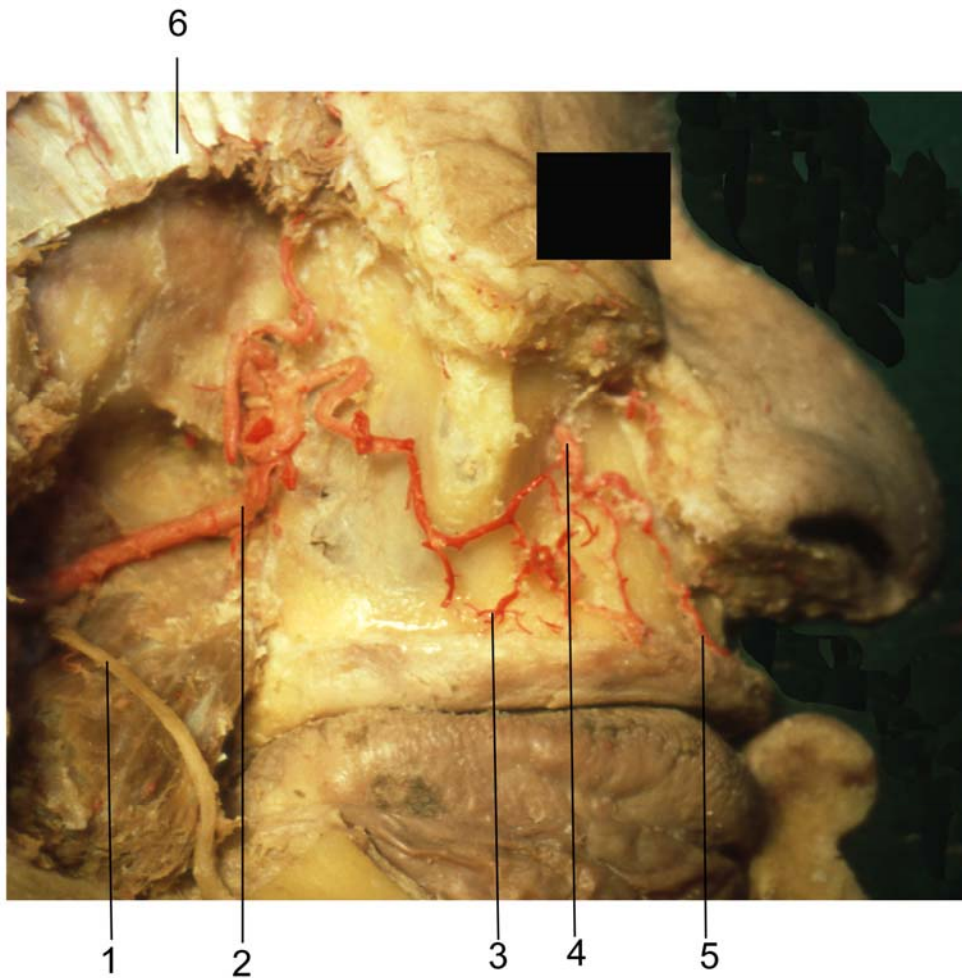
3.1.1 Makroskopie der Blutversorgung

Abbildung 2: Oberkiefer vestibulär, Revultexinjektion



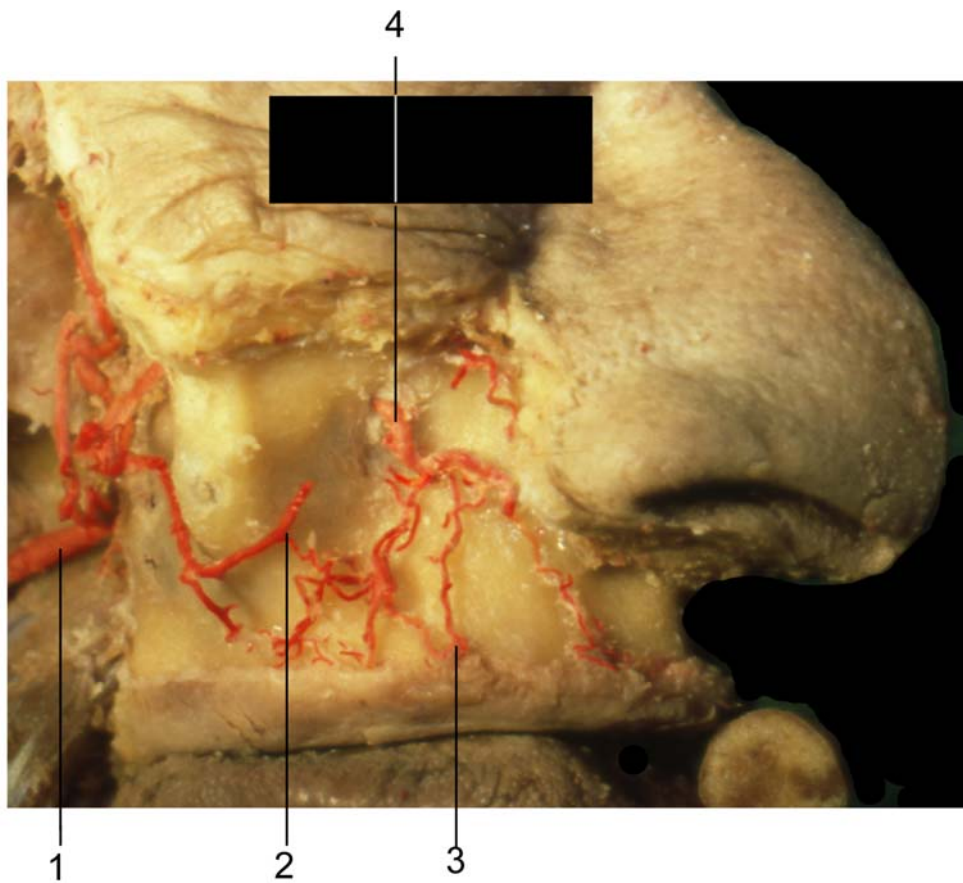
- | | |
|---|--|
| 1 N. lingualis | 7 A. labialis superior, Rami gingivales |
| 2 A. facialis | 8 A. infraorbitalis, Rami gingivales |
| 3 A. facialis | 9 A. alveolaris superior posterior, Rami gingivales |
| 4 A. facialis, Rami gingivales | 10 A. alveolaris superior posterior, Rami gingivales |
| 5 A. labialis inferior, Rami gingivales | 11 N. buccalis |
| 6 A. mentalis, Rami gingivales | 12 A. buccalis |

Abbildung 3: Oberkiefer vestibulär, Revultexinjektion



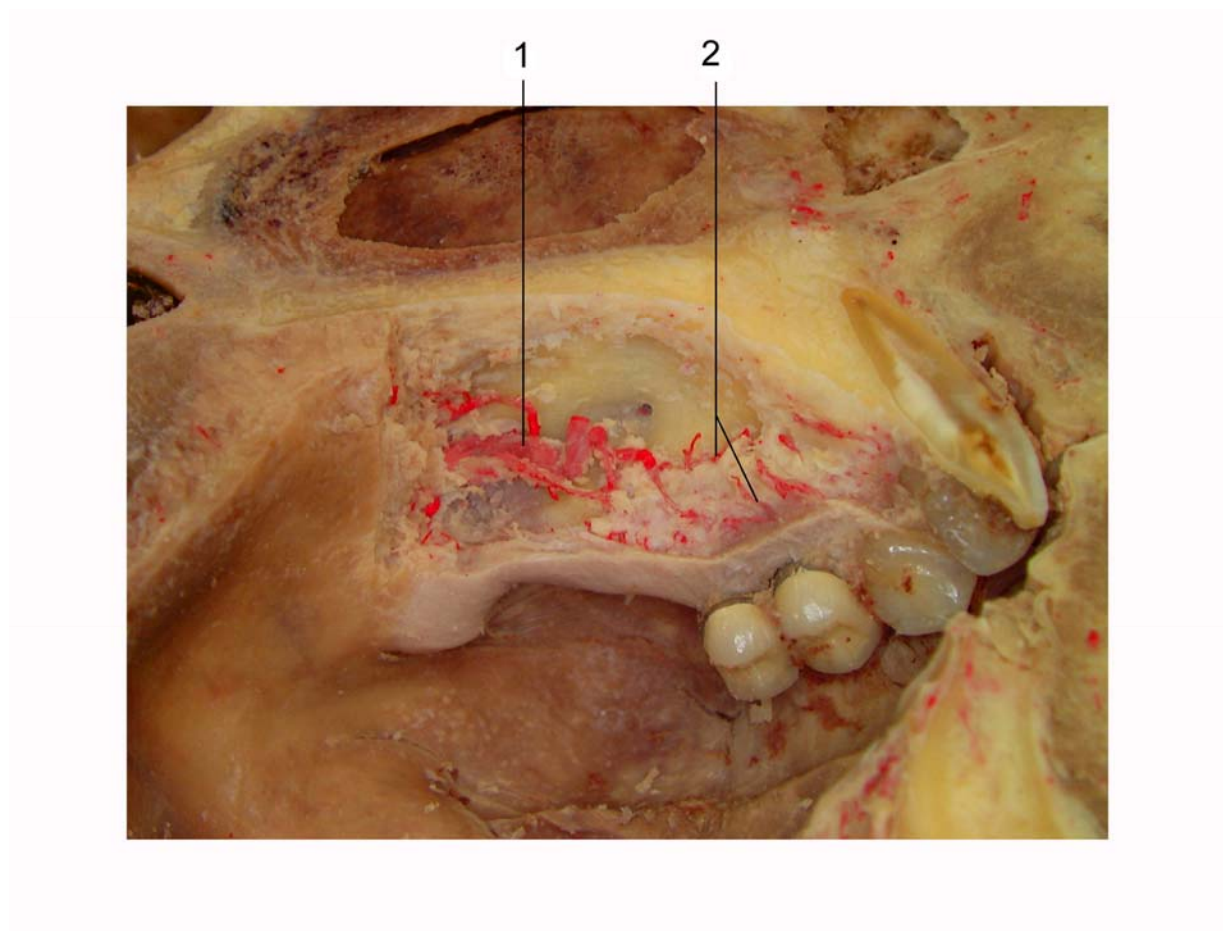
- 1 N. facialis
- 2 A. maxillaris
- 3 A. alveolaris superior posterior, Rami gingivales
- 4 A. infraorbitalis
- 5 A. infraorbitalis, Rami gingivales
- 6 M. temporalis, Sehne

Abbildung 4: Oberkiefer vestibulär, Revultexinjektion



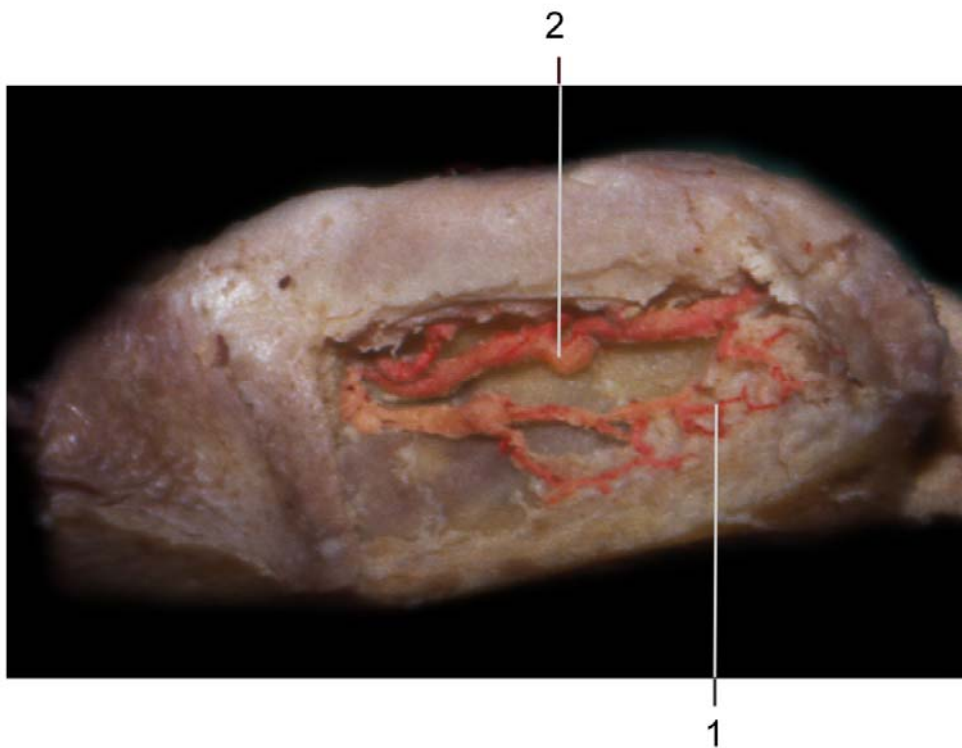
- 1 A. maxillaris
- 2 Aa. alveolaris superior posterior et infraorbitalis, Anastomose
- 3 A. infraorbitalis, Rami gingivales
- 4 A. infraorbitalis

Abbildung 5: Oberkiefer palatinal, Revultexinjektion



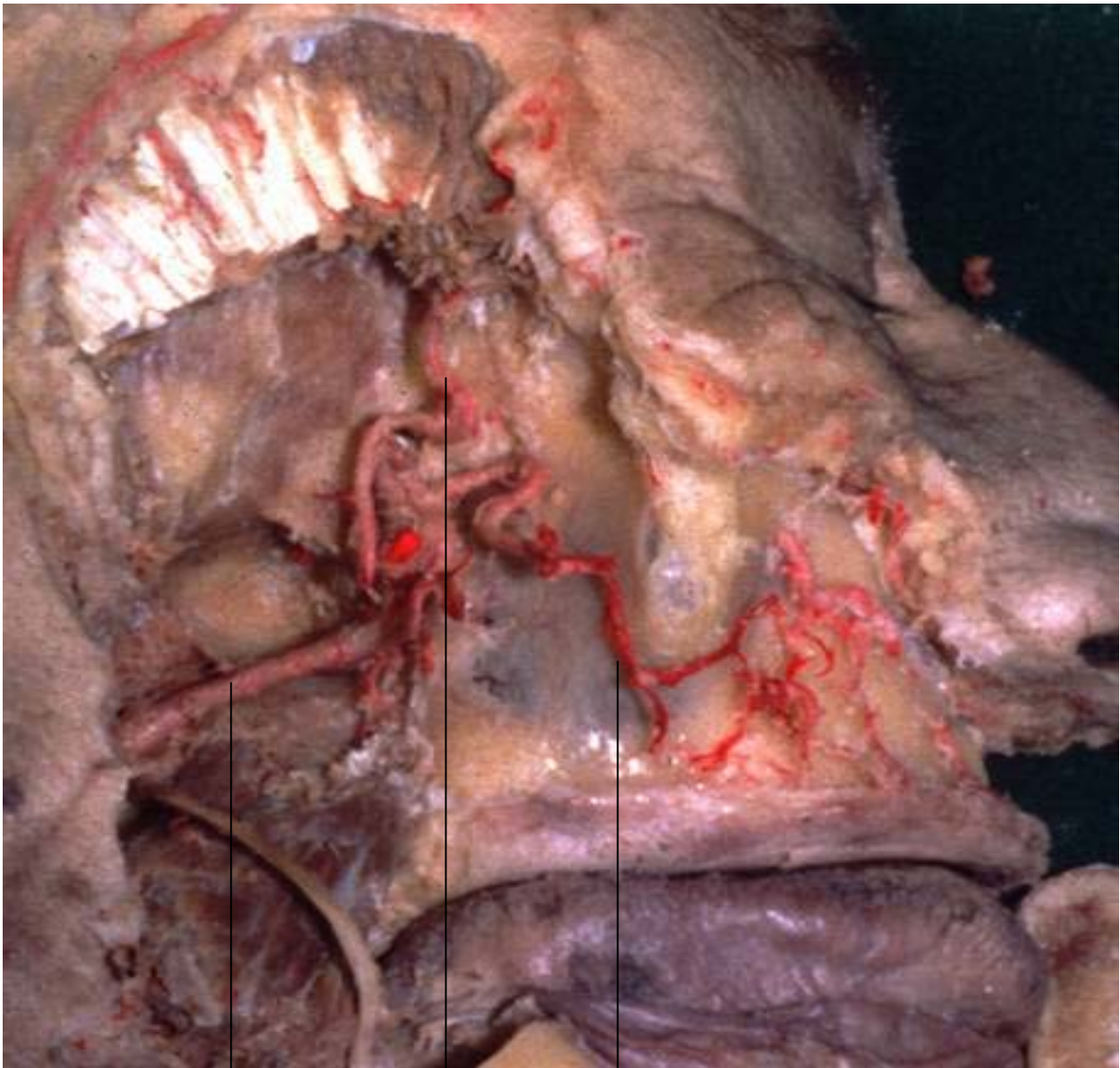
- 1 A. palatina descendens sive major
- 2 A. nasopalatina sive incisiva, Rami gingivales

Abbildung 6: Oberkiefer palatinal, Revultexinjektion



- 1 A. nasopalatina sive incisiva, Rami gingivales
- 2 A. palatina descendens sive major

Abbildung 7: Oberkiefer von vestibulär, Revultexinjektion



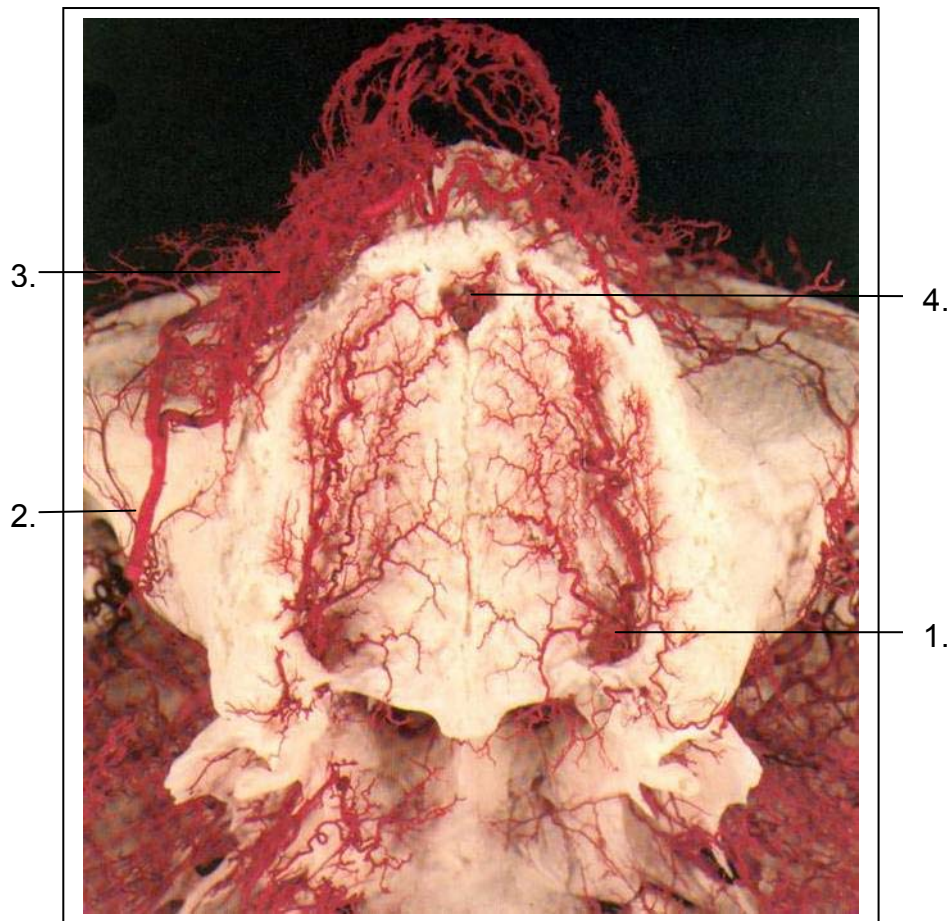
1

2

3

- 1 A. maxillaris
- 2 A. temporalis profundus
- 3 A. alveolaris superior posterior

Abbildung 8: Oberkiefer von palatinal

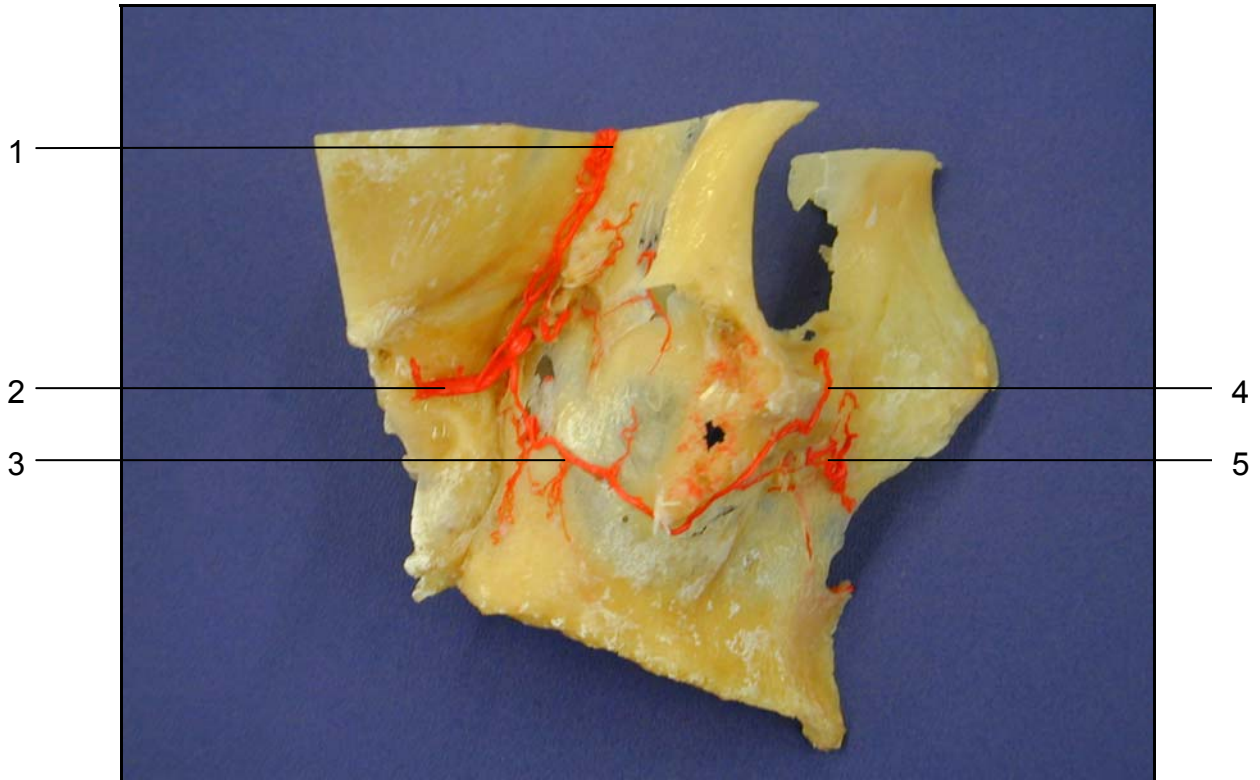


- 1 A. palatina major
- 2 A. facialis
- 3 A. buccalis
- 4 A. nasopalatina incisiva

Diese Abbildung verdeutlicht, dass die Gefäße von dorsal nach anterior verlaufen.

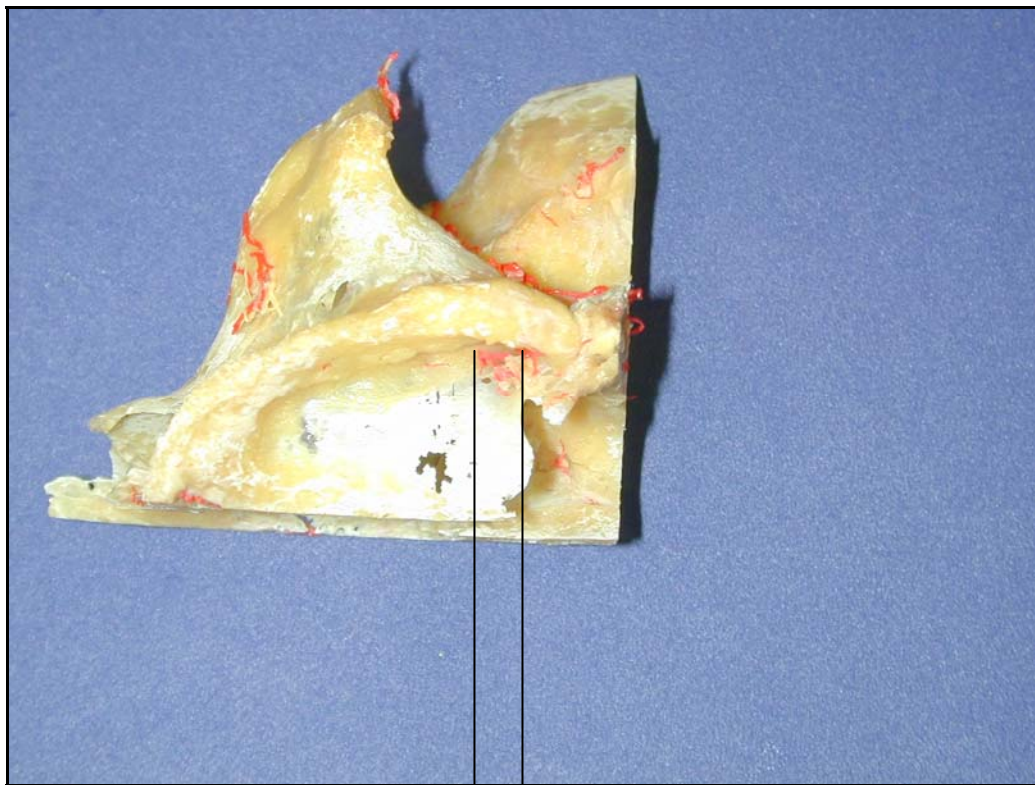
Durch den zum Teil alveolarkammparallelen Verlauf der arteriellen Hauptstromgebiete

Abbildung 9: Oberkiefer von anterior, Revultexinjektion



- 1 A. temporalis profundus
- 2 A. maxillaris
- 3 A. alveolaris superiores posteriores
- 4 A. alveolaris superiores anteriores
- 5 A. infraorbitalis

Abbildung 10: Oberkiefer von palatinal, Revultexinjektion



1 2

- 1 A.palatina major
- 2 A.palatina minor

3.1.2 Morphometrie

Insgesamt wurden 10 Oberkiefer untersucht, die eine Gesamtfläche von 4632,47 mm² bis zu 7499,51 mm² aufweisen. Die Oberkiefer wurden in 13 Felder unterteilt und die Hilfsmittel (endodontische Nadeln) in 0,20 mm , 0,15 mm, 0,10 mm und nochmals in < 0,10 mm und >0,20 mm eingeteilt.

Die zugehörigen Abbildungen sind mit den Nummern 11 bis 23 versehen.

OK	Feld	mm ²	>schwarz	schwarz	grün	rot	<rot
Abb. 11	1	382,43	0	3	3	2	0
Abb. 12	2	418,34	0	14	9	6	6
Abb. 13	3	310,78	4	9	7	3	6
Abb. 14	4	531,69	1	3	5	0	0
Abb. 15	5	839,74	0	12	11	9	25
Abb. 16	6	524,62	0	3	2	2	3
Abb. 17	7	900,61	0	1	3	2	4
Abb. 18	8	342,66	0	4	1	0	3
Abb. 19	9	249,8	0	5	3	1	3
Abb. 20	10	237,06	0	2	2	1	1
Abb. 21	11	359,77	0	5	3	0	0
Abb. 22	12	1141,06	0	2	2	2	0
Abb. 23	13	694,08	4	2	2	1	0
Gesamt		6932,64	9	65	53	29	51

Abbildung 11: Oberkiefer von palatinal. Feld 1



Abbildung 12: Oberkiefer von palatinal, Feld 2



Abbildung 13: Oberkiefer von palatinal, Feld 3



Abbildung 14: Oberkiefer von palatinal, Feld 4



Abbildung 15: Oberkiefer von palatinal, Feld 5



Abbildung 16: Oberkiefer von ventral, Feld 6



Abbildung 17: Oberkiefer von ventral, Feld 7



Abbildung 18: Oberkiefer von ventral, Feld 8

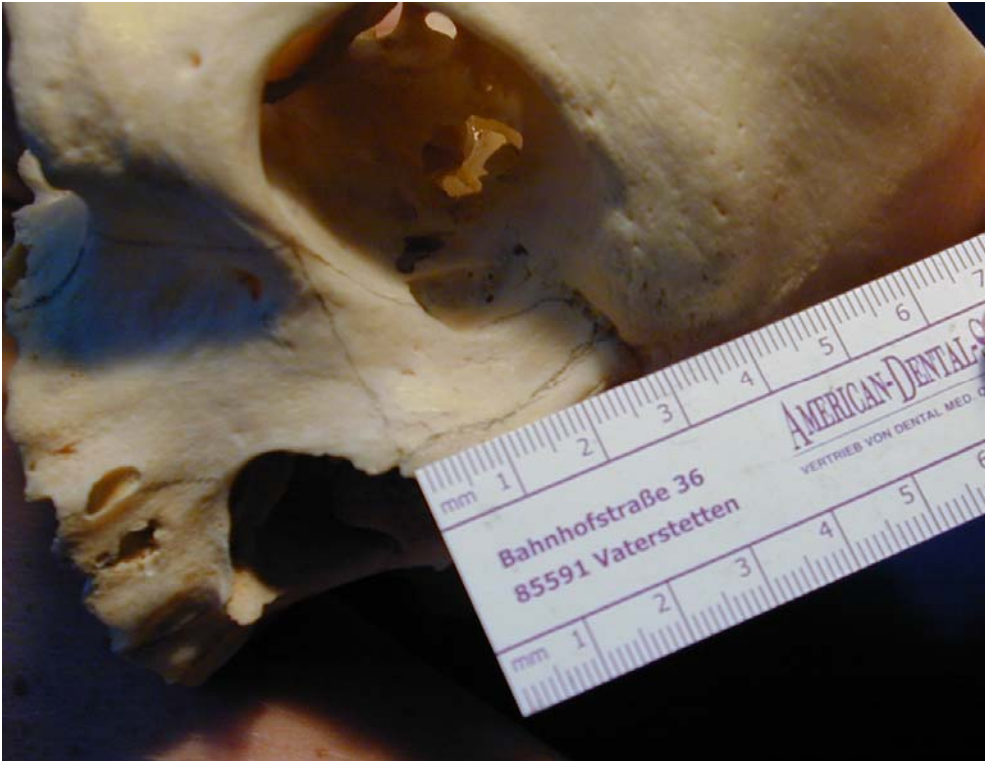


Abbildung 19: Oberkiefer von frontal, Feld 9



Abbildung 20: Oberkiefer von frontal, Feld 10:



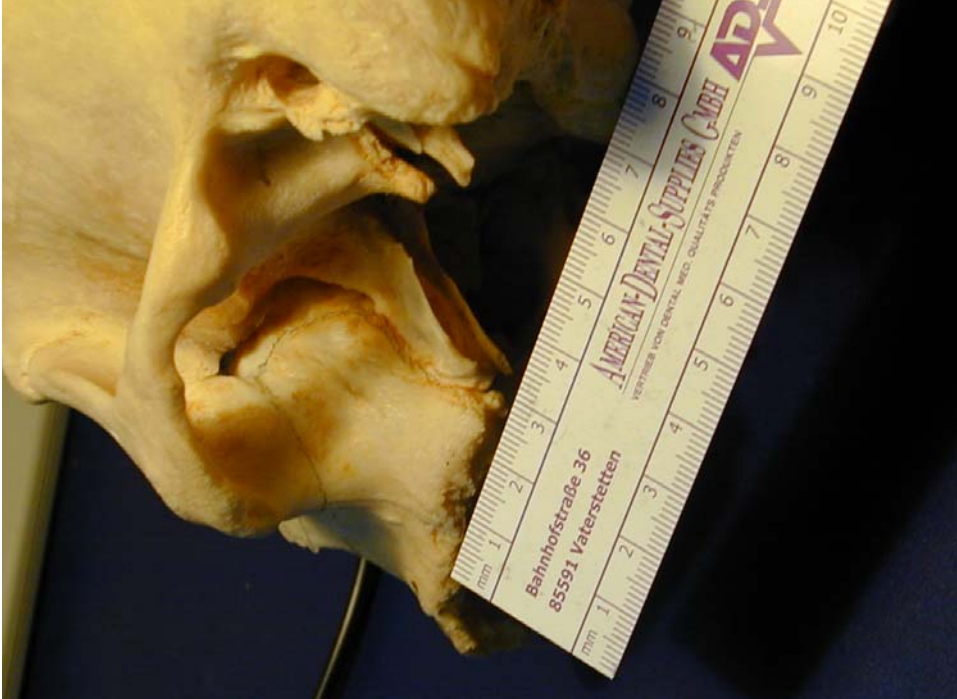
Abbildung 21: Oberkiefer von frontal, Feld 11



Abbildung 22: Oberkiefer von frontal, Feld 12



Abbildung 23: Oberkiefer von vestibulär, Feld 13



Der Durchschnitt der jeweiligen Größe der Foramina lag bei >schwarz: 9,5 mm; schwarz: 40,7 mm; grün: 33,5 mm; rot:15,7 mm; <rot 16,0 mm.

Die Foramina mit einem Durchmesser von 0,20 mm sind am Häufigsten vertreten. Zusätzlich untersuchte man noch den Durchschnitt der jeweiligen Foraminagrößen pro Segmenteinteilung.

Dabei ergab sich folgendes:

→ Feld 1: 16,2 Foramina
Feld 2: 25,4 Foramina
Feld 3: 23,0 Foramina
Feld 4: 21,0 Foramina
Feld 5: 50,8 Foramina
Feld 6:14,4 Foramina
Feld 7:13,4 Foramina
Feld 8: 6,6 Foramina
Feld 9: 11,4 Foramina
Feld 10: 12,8 Foramina
Feld 11: 7,6 Foramina
Feld 12: 10,8 Foramina
Feld 13: 15,4 Foramina

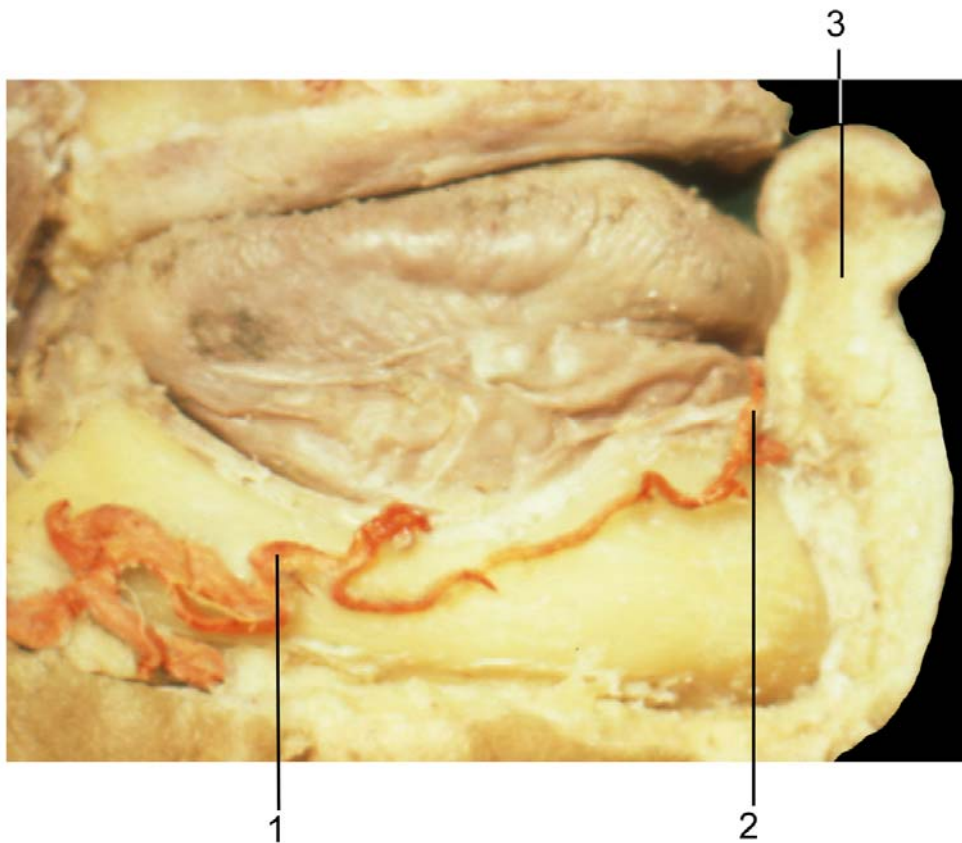
Das Ergebnis lautet dann, dass am wenigsten Foramina mit Durchmesser < 0,10 mm und am meisten Foramina mit Durchmesser 0,20 mm vorhanden sind.

Pro Feld gesehen ergab sich die niedrigste Anzahl an Foramina in Feld Nr. 8 (6,6) und die höchste Anzahl in Feld Nr. 5 (50,8)! (Siehe Tab. Nr.21)

3.2 Unterkiefer

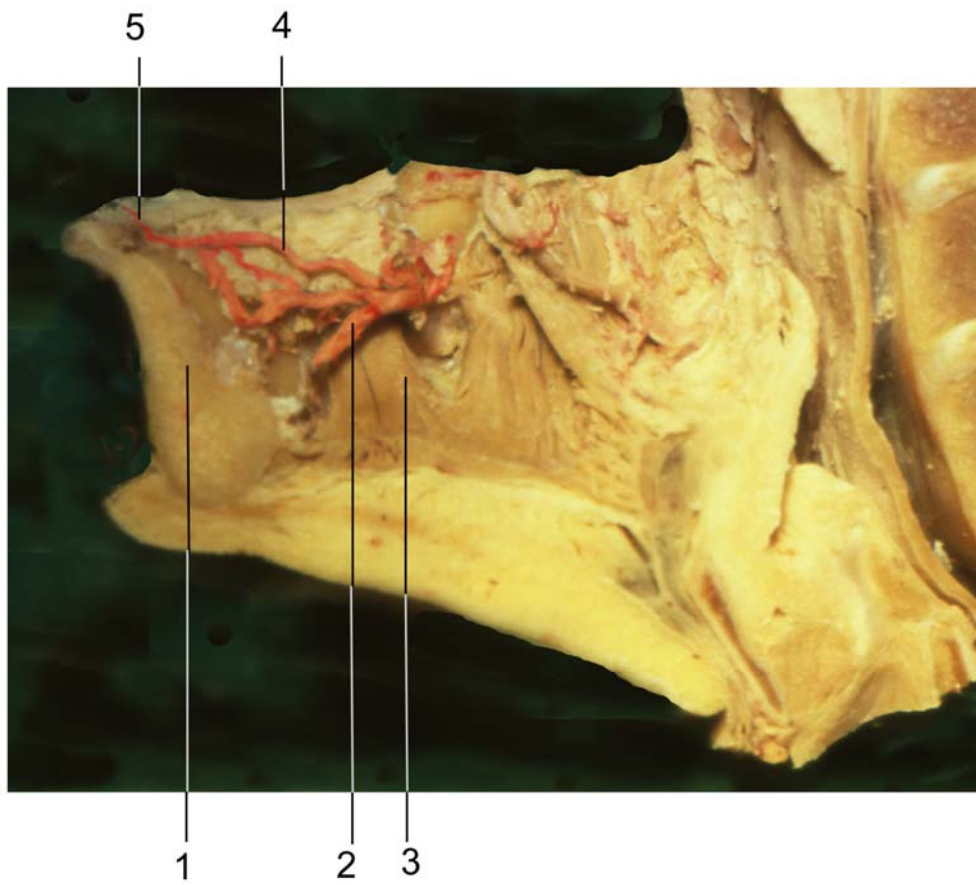
3.2.1 Makroskopie der Blutversorgung

Abbildung 24: Unterkiefer vestibulär, Revultexinjektion



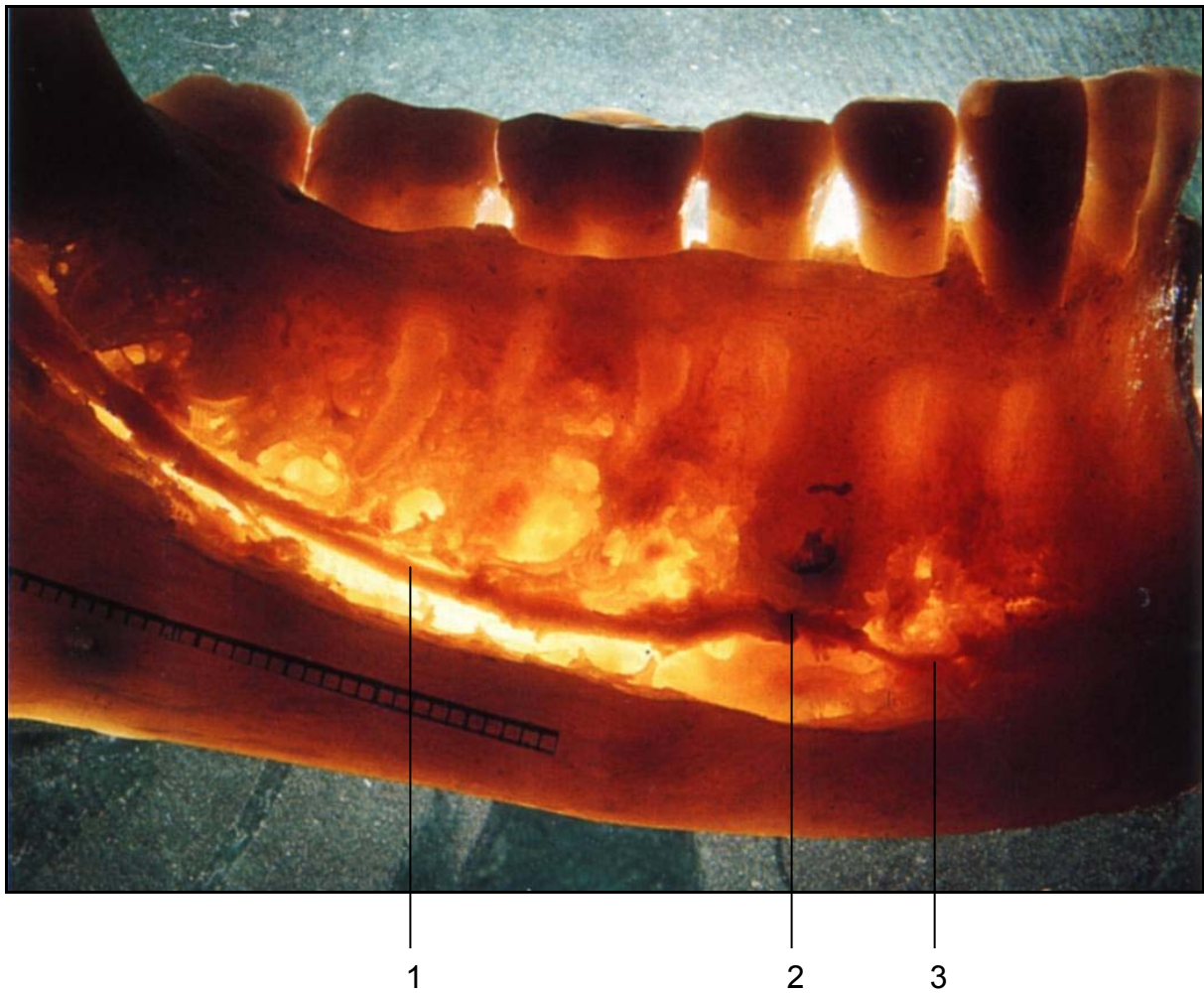
- 1 A. facialis, Rami gingivales
- 2 A. labialis inferior, Rami gingivales
- 3 Mandibula

Abbildung 25: Unterkiefer lingual, Revultexinjektion



- 1 Mandibula
- 2 A. submentalis
- 3 M. mylohyoideus
- 4 A. sublingualis
- 5 A. sublingualis, Rami gingivales

Abbildung 26: Unterkiefer von vestibulär



- 1 A. alveolaris inferior
- 2 Foramen mentale
- 3 A. incisiva

Abbildung 27: Unterkiefer von vestibulär



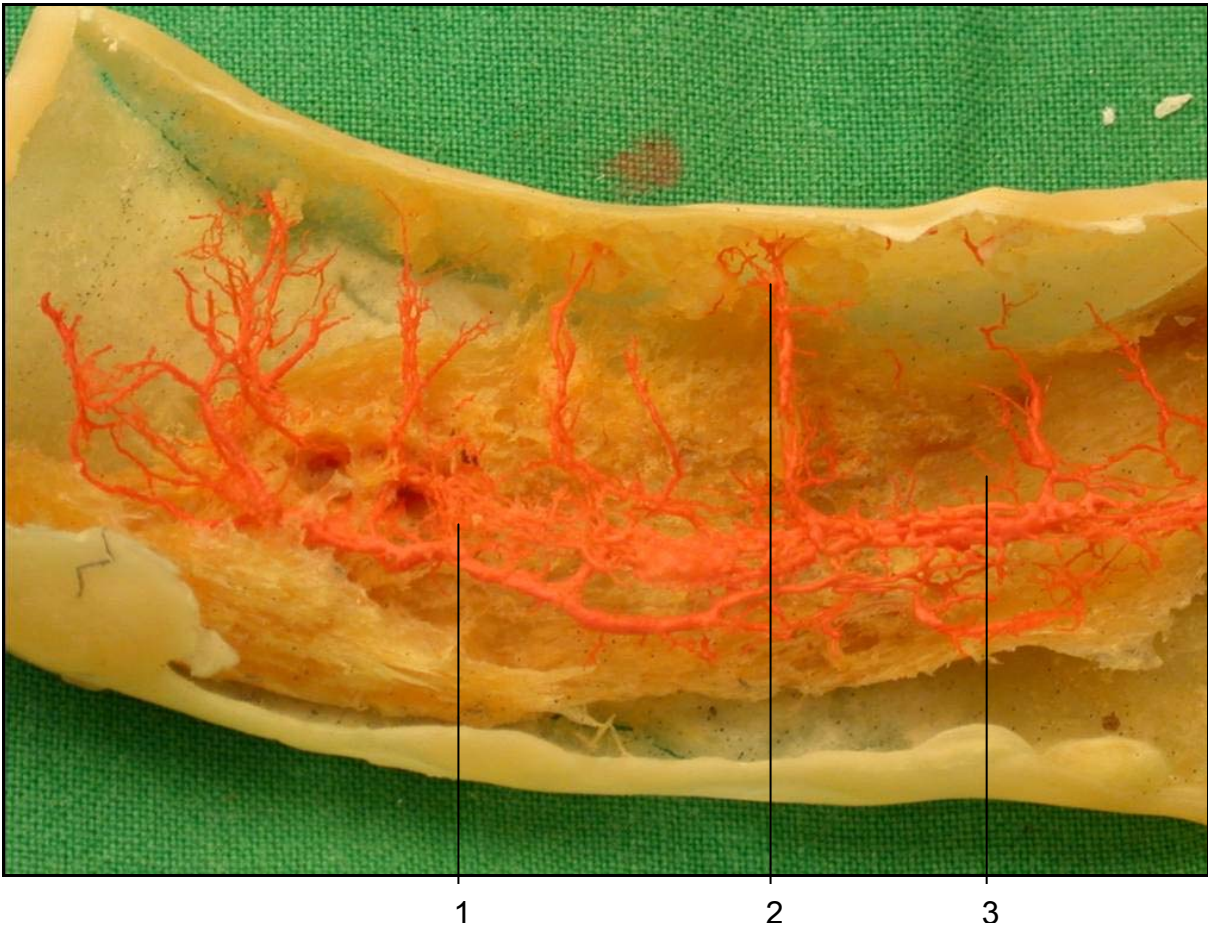
1

2

3

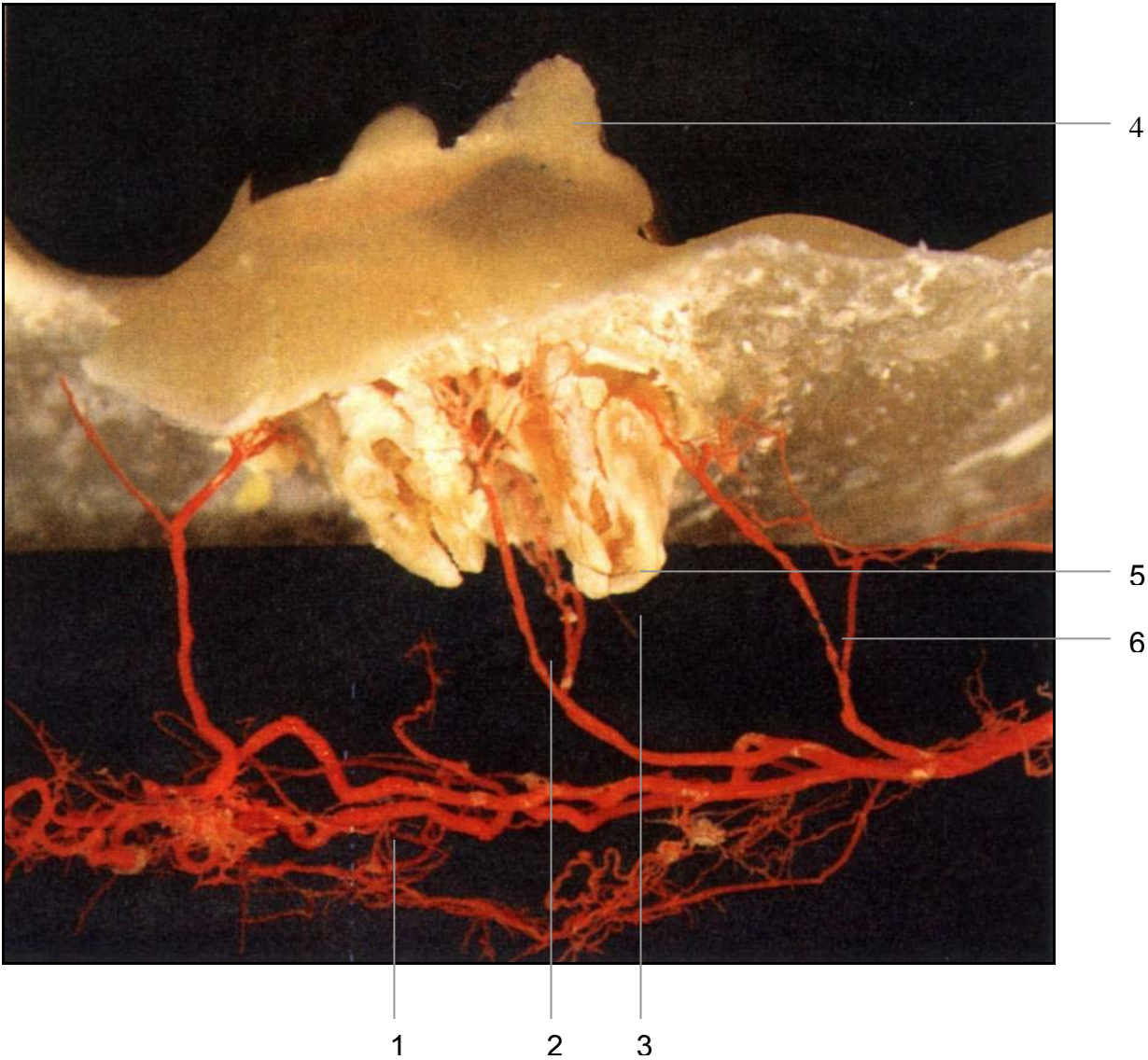
- 1 A. alveolaris inferior
- 2 A. mentalis
- 3 A. incisiva

Abbildung 28: Unterkiefer von innen



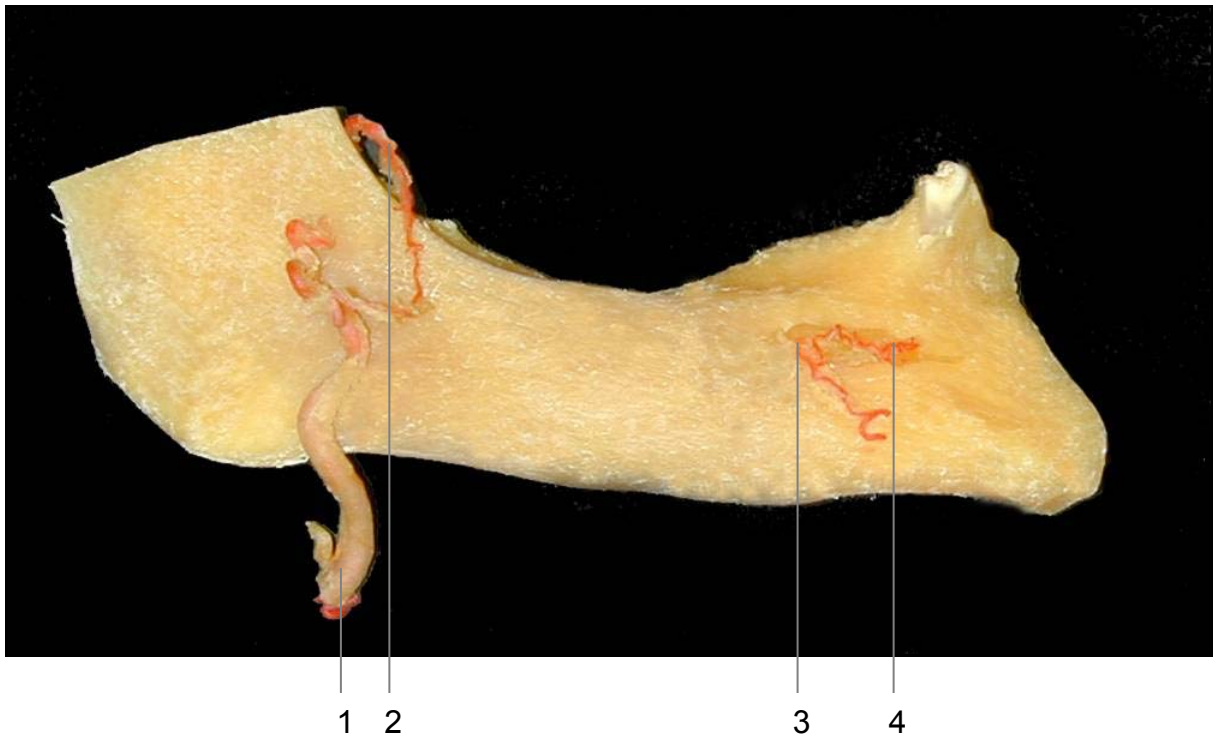
- 1 A. alveolaris inferior
- 2 A. pulpalis
- 3 A. aleolaris inferior

Abbildung 29: Unterkiefer von basal/innen



- 1 A. alveolaris inferior
- 2 A. interradicularis
- 3 A. pulpalis/ dentalis
- 4 Corona dentis
- 5 Foramen apicis radialis dentalis
- 6 A. desmodontalis

Abbildung 30: Unterkiefer von vestibulär



- 1 A. facialis
- 2 Ramus nutricius ad foramen retromolare
- 3 Foramen mentale
- 4 A. mentalis

3.2.2 Morphometrie

Die Unterkieferknochen wurden in jeweils 12 Sektionen eingeteilt. Die Fläche beträgt zwischen 10115,66 mm² bis zu 18323,92 mm²:

UK 1 – 10

Im Durchschnitt lagen von Kiefer 1 – 10 wie folgt vor:

5,2 > schwarz	} Größe der Foramina (> 0,20 mm - < 0,10 mm)
11,3 schwarz	
8,6 grün	
3,0 rot	
12,2 < rot	

Der Durchschnitt der jeweiligen Foraminagrößen pro Segmenteinteilung lautet:

→	Feld 1/2: 6,4 Foramina
	Feld 3 : 19,8 Foramina
	Feld 4 : 17,8 Foramina
	Feld 5 : 2,6 Foramina
	Feld 6 : 0 Foramina
	Feld 7 : 12,0 Foramina
	Feld 8 : 3,6 Foramina
	Feld 9 : 2,6 Foramina
	Feld 10 : 6,2 Foramina
	Feld 11 : 7,0 Foramina
	Feld 12 : 2,2 Foramina

Im Durchschnitt sind am wenigsten Foramina mit 0,10 mm Durchmesser vorhanden und am meisten mit 0,20 mm.

Pro Feld/Segment gesehen sind im Feld 6 gar keine Foramina vorhanden (in keinem UK) und den höchsten Anteil an Foramina findet man in Feld 3 (19,8).

Tabelle 2:

UK	Feld	mm²	>schwarz	schwarz	grün	rot	<rot
Abb. 31	1+2	2511,88	0	2	0	0	0
Abb. 32	3	716,99	0	5	5	4	7
Abb. 33	4	794,34	0	3	0	0	9
Abb. 34	5	2700,62	0	0	0	0	1
Abb. 35	6	714,40	0	0	0	0	0
Abb. 36	7	1231,99	0	2	1	0	0
Abb. 37	8	1488,15	0	0	1	0	0
Abb. 38	9	678,90	1	3	0	0	0
Abb. 39	10	693,59	1	3	0	0	4
Abb. 40	11	697,75	0	0	0	0	0
Abb. 41	12	1390,76	0	0	0	0	0
Gesamt		13.619,37	2	18	7	4	21

Abbildung 31: Unterkiefer von vesitibulär, Feld 1



Abbildung 32: Unterkiefer von ventral, Feld 2



Abbildung 33: Unterkiefer von ventral, Feld 3



Abbildung 34: Unterkiefer von vestibulär, Feld 4



Abbildung 35: Unterkiefer von okklusal, 4. Quadrant, Feld 5



Abbildung 36: Unterkiefer von lingual/basal, Feld 6



Abbildung 37: Unterkiefer von lingual, Feld 7



Abbildung 38: Unterkiefer lingual, Feld 8



Abbildung 39: Unterkiefer lingual/basal, Feld 9



Abbildung 40: Unterkiefer lingual, Feld 10



Abbildung 41: Unterkiefer von okklusal, 3. Quadrant, Feld 11



Volkmann'sche Kanäle waren regelmäßig auf den mazerierten Knochenoberflächen der Kiefer unter Lupenvergrößerung und im rasterelektronischen Bild identifizierbar.

Vereinzelte größere Foramina nutriciae mit einem Durchmesser zwischen 0,1 und 0,5 mm waren ohne topographische Regelmäßigkeit bzw. mit hoher interindividueller Varianz bezüglich ihrer Lokalisation in verschiedenen Regionen des Oberkiefers (z.B. in der regio palatina und am processus frontalis der Maxilla) auffällig.

Die im Schriftum beschriebenen beiden Alveolararterien des Oberkiefers (a. alveolaris superior posterior und a. alveolaris superior anterior) konnten konstant bezüglich ihres Knocheneintritts an den foramina und ihres Verlaufes durch die Knochenkanäle (ohne Anzeichen einer Altersatrophie!) nachgewiesen werden.

Die inkonstante a. alveolaris superior media war in keinem Fall sichtbar. Die oben erwähnten größeren foramina nutriciae führten akzessorische arterielle Leitungsbahnen aus umliegenden Hauptgefäßen (z.B. aus der a. palatina major und der a. infra- et supratrochlearis) in den Oberkiefer ein.

Am Unterkiefer wurden foramina nutriciae mit einem Durchmesser zwischen 0,1 und 0,5 mm nur auf der lingualen Seite der regio mentalis gefunden. Aa. nutriciae mandibulares wurden regelmäßig auf der lingualen Fläche der Region der Spinae mentales nachgewiesen. Diese foramina linguales lagen alle in der Medianebene (meist 2 Löcher mit einem mittleren Durchmesser von 0,6 mm) und führten Äste aus der A. submentalis (unteres Loch) und der A. sublingualis (oberes Loch) in die zugehörigen canales linguales.

Ein foramen retromolare in der fossa retromoralis mit einem Gefäßast aus der vorderen a. temporalis profunda wurde bei ca. 30% der Fälle gefunden. Weitere akzessorische Gefäßkanäle im restlichen Corpushereich und am ramus ascendens wurden nicht identifiziert. Die A. alveolaris inferior war mit fast immer deutlichen Zeichen einer Kaliberverkleinerung und Streckenverkürzung bzgl. des Fehlens einer A. mentalis (Atrophie) in allen Kiefern vorhanden.

Ebenso gab es keine Knochenäste von der A. mylohyoidea (sie erschöpft sich in der Versorgung des Muskels).

4. Diskussion

4.1 Beurteilung der Injektionsmethodik und der verwendeten Materialien

Die Geschichte der Körperspenderinjektionen ist nun schon mehr als 100 Jahre alt. Die makroskopische Injektionstechnik gehört zweifellos zu den wichtigsten darstellenden Methoden im Bereich der medizinisch-anatomischen Präparationstechniken. Sie findet Ihre Anwendung bei Fixierungen über das Blutgefäßsystem, bei der Injektion farbiger Massen zur Darstellung von Blut- und Lymphgefäßen, bei der Herstellung von Korrosionspräparaten und bei den Röntgenkontrastinjektionen. Dabei kommen zahlreiche Methoden und Injektionsmassen zur Anwendung, und fast jede Injektion bedeutet eine Lösung neuer Probleme oder die Entwicklung einer neuen Methodik: Nach W. Steinmann (1971) gibt es allgemeine Richtlinien, die befolgt werden sollten. Jede Injektion sollte sehr sorgfältig vorbereitet und geplant werden.

Man sollte allen Eventualitäten gegenüber gewachsen sein: genügend Injektionsmasse, saubere und funktionierende Instrumente, genügend Klemmen und Fäden zum Abbinden, Mittel zum Aufsaugen auslaufender Masse (Lösungsmittel, Zellstoff, saugfähige Stoffreste usw.). Außerdem sollte man sich an Hand von Lehrbüchern und Abbildungen über die anatomischen Gegebenheiten informieren.

1. Auswahl des Präparates

In der Regel gibt man den frischen Präparaten gegenüber den älteren den Vorzug. Man injiziert vor oder nach der Totenstarre und meistens mit auf 38 – 40° C erwärmter Masse.

2. Abbinden der Gefäße

Abbinden der Gefäße mit Klemmen und Fäden ist sehr wichtig, da man sonst u. a. den nötigen Injektionsdruck bei nichtabgebundenen Gefäßen nicht erreicht.

3. Fixation vor der Masseinjektion

Eine Fixation vor einer Masseinjektion kann nur über das Blutgefäßsystem erfolgen. (Ausnahme: formalinfreie Fixierung nach Peters)

Die Fixationsflüssigkeit spült dabei das restliche Blut aus den Gefäßen, dann kann nach einigen Tagen die erstarrende Masse in das leere Lumen nachinjiziert werden.

4. Das Einbinden der Kanüle

Man wählt Kanülen mit großem Durchmesser, damit der Injektionsdruck so gering wie möglich gehalten werden kann.

a) Größere Gefäße: Gefäß wird freigelegt, mit einem T-Schnitt eröffnet, in welche die Kanüle eingeführt und doppelt eingebunden wird.

b) Kleinere Gefäße: Gefäß wird freigelegt und ein Ligaturfaden unter ihm durchgeführt, der über dem Gefäß zu einer losen Schlinge geknüpft wird. Man schneidet nun vorsichtig einen Längsschnitt ins Gefäß und führt in diesen eine Sonde ein. An ihr entlang wird die Kanüle geführt, die Sonde herausgezogen und die Schlinge zugeknüpft.

5. Die Injektion

Die Injektion erfolgt in den meisten Fällen in Richtung des Blutstroms.

- a) Injektionsdruck: Soll gleichmäßig sein, was saubere und funktionierende Instrumente sowie eine homogene Masse voraussetzt.
- b) Injektionsmasse: immer gleiche Konsistenz und frei von großen Partikeln und Verklumpungen
- c) Menge: Richtet sich nach Größe und Gefäßreichtum der Präparate
- d) Mehrfachinjektionen:
gleichzeitige Injektionen bei mehreren Gefäßen für z.B. ein Organ ist möglich

6. Nachbehandlung

Nach Beendigung der Injektionen wird das injizierte Gefäß abgebunden, die Kanüle herausgenommen und zusammen mit den Instrumenten gesäubert.

Ist die Erhärtung der Masse erfolgt, können die Präparate zerteilt, präpariert oder korrodiert werden [Steinmann, W 1971].

Es gibt verschiedene darstellende Farblösungen, z.B. Tusche, Plakatfarbe, Emulsionsfarben und Berliner Blau.

Die erstarrenden Injektionsmassen bestehen aus Vehikel, dem wässrigen oder nichtwässrigen Lösungsmittel und dem Farbstoff.

Die Voraussetzungen sollten folgende sein:

- Massen müssen homogen und gleitfähig sein
- Bestimmte Zeit lang flüssig und injizierbar sein
- Gewisse Toleranz gegenüber der in den Blutgefäßen vorhandenen Feuchtigkeit besitzen

- Nach Beendigung der Injektion sollten sie von selbst oder durch Beeinflussung erstarren und dann eine genügende Festigkeit mit einer gewissen Elastizität aufweisen.

Es gibt u. a. folgende Massen:

- a. Kleistermasse nach Pansch/Spanner
- b. Gelatinemasse nach Robin
- c. Leimmasse nach Spalteholz
- d. Stärkemasse



wässrig

- a. Wachsmassen
- b. Hartmassen
- c. Kitt oder Ölmassen
(nach Teichmann, Voss etc.)



nicht wässrig

- a. Kautschuk
- b. Latexgummimilch
- c. Revotex, Jatex, Revultes



elastische Masse

Zu 2) Würde noch in Frage kommen:

- a. Gips
- b. Gipsweitenmehl
- c. Portlandzement



Mineralmassen

Materialien:

Einstichkanülen sind aus Metall und laufen an ihrer Spitze schräg zu.

Es gibt u. a. auch Knopfkanülen, Glaskanülen, Kanülen mit Hahn und Doppelkanülen mit Hahn.

4.1.1 Korrosionstechnik

Unter Korrosionspräparaten verstehen wir Objekte, bei denen das Gefäß- oder Hohlraumsystem nach der Injektionsmethode mit einer korrosionsfesten Masse gefüllt wird.

Nach dem Erhärten dieser laugen- und säurefesten Substanzen kann das organische Gewebe entfernt - korrodiert- werden, und man erhält einen Negativausguss des Hohlraumes oder des Röhrensystems.

Auf diese Weise lassen sich der Verlauf, die Ausdehnung, die Verzweigungen und Beziehungen verschiedener Systeme zueinander und untereinander darstellen. Mit der Verwendung von polymerisierenden Kunststoffen in der Korrosionstechnik sind Voraussetzungen erfüllt (wie z. B. Massen und Farbstoffe sollen korrosionsfest, leicht- und länger injizierbar sein). Nachteilig wirken sich jedoch der völlige Verlust der Gewebestrukturen und die damit verloren gehenden Beziehungen aus.

Darum wird man vielfach zusätzlich noch normale Injektionspräparate, Aufhellungen oder Angiogramme anfertigen.

Korrosionsmassen

Warme Massen:

- Metalle

Lösungsmittelmassen :

z.B. Celloidon, Celluloidmassen, Schellack (Plexiglaslösungen nach Band und Duprez, 1948)

Polymerisierende Kunststoffe:

Hierbei wurde 1935 durch Schummer eine wesentliche Verbesserung der Korrosionsmassen und damit der Korrosionspräparate erzielt.

4.1.2. Plastoid nach Schummer (1951)

Die neueren Kunststoffmassen haben trotz teilweiser Überlegenheit das Plastoid nicht verdrängen können. Es wird als Pulver, Flüssigkeit und Farbstoff in einem Sortiment bezogen und gehört zur Gruppe der Vinylharze.

Es gelingt leicht, die Blutgefäße bis in die feinsten Kapillaren hinein so vollständig darzustellen, dass man aus dem dichten Gefüge der injizierten Gefäße die Formen des Organs in allen Einzelheiten wieder erkennen kann.

Die Arbeit mit Plastoid ist wenig zeitraubend, in 2 - 3 Tagen liegt das fertige Präparat vor.

Ebenso liegt eine formgetreue Wiedergabe vor, da das Material sehr gleitfähig ist und nur eine unwesentliche Schrumpfung während der Verfestigung aufweist. Früher musste man noch „Anpolymerisieren“, doch diese Arbeit fällt nun weg. Nun läuft die vereinfachte Verfahrensweise wie folgt ab:

Es wird ein polymerisierbarer Kunststoff verwendet, der im monomeren Zustand dünnflüssig ist und nach Zusatz eines Katalysators durch Kochen über zähflüssige Konsistenz, dann in einen festen Zustand überführt wird. Zur Injektion wird die Viskose „Zwischenform“ benutzt.

Diese wird in kalten Zustand in die darzustellenden Gefäße injiziert, worauf die Verfestigung der injizierten Masse im Thermostat vorgenommen wird. Anschließend erfolgt die Korrosion sehr rasch in Kalilauge, ggf. auch in Salzlauge (Knochensubstanzen). Die Injektionsmasse kann mit „Plastoid-Farben“ eingefärbt werden. Das Injektionsmaterial wird von der chemischen Fabrik Röhm & Hass in Darmstadt mit einer genauen Gebrauchsanweisung geliefert (Schummer,A;1935), (Spanner 1937), (Romeis 1948).

1951 wurde das Plastoid von Schummer für Rekonstruktionstechniken des vaskulären Systems eingeführt. 1984 veröffentlichte Peter Schlügel eine Weiterentwicklung des Plastoid-Korrosionsverfahren in der Rasterelektronenmikroskopie von Blutgefäßsystemen.

Diese Weiterentwicklung hatte den Vorteil der großen Tiefenschärfe bei hohem Auflösungsvermögen und somit eine Verbindung mit geeigneten Korrosionskunststoffen, den Umfang, den Grad und die Art der Vaskularisation von verschiedenen Gewebesystemen durchsichtiger zu machen.

Die günstigsten Ergebnisse werden mit Plastoid erreicht, das eine Viskosität von 70 – 120 cPs (20° C Höppler-Viskosimeter) aufweist. Dabei soll die Injektion möglichst schonend über längere Zeit vor sich gehen. Es ist jedoch denkbar, dass für bestimmte Fragestellungen auch die Anwendung von extrem niedrig viskösem Material erforderlich sein kann (Hanstede, Gerits 1982).

Die Thermostabilität von Plastoid (bis +100° C) ist wesentlich höher als die anderer vergleichbarer Materialien. Korrosionsbeständigkeit von Plastoid zeigt selbst bei der Behandlung mit 25%iger Kaliumhydroxidlösung bei +60° C für 36 h keine nachweisbaren Schäden. Konzentrierte Salzlösung bei +20° C bis +40° C über 24 h

—→ Keine nachweisbaren Schäden an Plastoidausgüssen

Beim Umgang mit Plastoid gemäß den vorher genannten Vorschriften und unter Berücksichtigung des MAK-Wertes von 100 ppm bzw. 410 mg/m³ ist keine gesundheitsschädigende Wirkung zu erwarten.

-Technovit

Weitere Acryl und Methacrylatharze

Polyvinylchlorid(PVC)

Polyesterharze und Epoxydharze

Silikonkautschuk

Anwendungsgebiete sind Blutkreislauf, Drüsensysteme, Knochen (sowohl Schädelhöhle als auch Markräume der Knochen).

Verschiedenes (Hohlräume z.B. der Lungen, Magen, Darmtrakt, etc).

4.1.3 Aufhellung

Die physikalische Aufhellungsmethode wurde 1906 – 1910 von Spalteholz entwickelt und bekannt gemacht. Sie beruht auf der Erkenntnis, dass die Gesetze der Lichtbrechung nicht nur für anorganische, sondern auch für organische Körper und Gewebe Gültigkeit haben. Spalteholz fand heraus, dass Pflanzen-, Tier- und Menschengewebe einen jeweils bestimmten Brechungsindex aufweisen. Ein Körper bekommt die größtmögliche Durchsichtigkeit, wenn er von einer Flüssigkeit durchtränkt ist, die dem mittleren Brechungsindex des Körpers gleich ist. Ist der Index jedoch gleich, kann das Licht den Körper durchdringen, und er erscheint durchsichtig. Darum erfolgt die Aufbewahrung der Präparate direkt in den Aufhellungsflüssigkeiten. Die Frontscheiben der Glasgefäße sollen beschliffen und poliert sein. So lassen sie viel Licht durchtreten, und die Präparate kommen am besten zur Wirkung.

Das Aufhellen organischer Objekte nach der Methode von Spalteholz besteht aus folgenden Arbeitsgängen:

1. Vorbereiten des Objekts
2. Fixieren der Gewebe
3. Entkalken
4. Bleichen
5. Wässern
6. Entwässern
7. Übertragen in Benzol
8. Einlegen in die Endflüssigkeit
9. Evakuieren

Wenn weiße oder weißliche Stellen im Präparat auftauchen, sind Fehler gemacht worden. Entweder nicht vollständige Entwässerung oder nicht restlose Entkalkung. Es gibt Modifikationen der Spalteholz-Methode. Drahn und Ljetnik verwenden jeweils verschiedene Aufbewahrungsflüssigkeiten, z.B. Tetralin (Drahn) oder Naphtalin und Xylol (Ljetnik). Nach Peters kann man den Brechungsindex von Benzylbenzoat gut verändern, wenn man ihm Cellosolve (Äthylenglykomonoäthyläther), Terpeneol oder Dimethylphthalat zugibt.

4.1.4 Imprägnation

Die Anwendung der Imprägnationsmethoden führt zu Präparaten, die als „Trockenpräparate“ sehr viele Vorzüge aufweisen. Sie sind unbegrenzt haltbar und können praktisch nur durch mechanische Gewalteinwirkungen zerstört werden. Auch nach längerer Lagerung verändern sie ihre Form oder Farbe nicht. Den Präparaten wird Wasser entzogen und durch ein stabiles Medium ersetzt, ohne dass sie dabei schrumpfen. Es geht immer eine Fixierung voraus. Es eignen sich zur Herstellung von Imprägnationspräparaten vor allem Paraffine, Polyäthylenglykole und verschieden polymerisierende Kunststoffe.

Die Imprägnation setzt sich aus folgenden Arbeitsschritten zusammen:

1. Vorbehandlung mit 20%igem Wasserstoffperoxid
2. Fixierung durch 2 - 5%ige Formalinlösung 1 - 14 Tage
3. Einlegen in geschmolzenes PEG
4. PEG-Imprägnation
5. Nachbehandlungen

Es gibt ebenfalls noch Imprägnationen von Organpräparaten mit Polyäthylenglykol und Methacrylat (Sills,B ; S. Conzyn, 1958).

Eine Abwandlung der Imprägnation ist die Plastration. Unter Plastration versteht man die Imprägnation organischer Objekte mit polymerisierenden Kunststoffen. Dazu werden die Präparate fixiert, entwässert und in ein Intermedium gebracht. Durch Ausnutzung der unterschiedlichen Dampfdrucke zwischen dem Intermedium (hoher Dampfdruck) und der polymerisierbaren Kunststofflösung (niedriger Dampfdruck) wird das flüchtige Intermedium im Vakuum entfernt und durch den Kunststoff ersetzt. Dieser Kunststoff kann hart auspolymerisieren, wenn man einen Duroplasten verwendet, oder aber elastisch bleiben, wenn ein Silikonkautschuk zur Anwendung kommt. Bei den Imprägnationen können 2 Modifikationen ausgeführt werden: die vollständige oder die unvollständige Imprägnierung. Die Methode der Plastration nach Hagens (1979) verläuft zuerst in üblicher Weise: Fixierung in Formalin und in aufsteigender, danach erfolgt eine Durchtränkung in Methylenchlorid.

Dann kommen die Präparate in den Kunststoff Biodur PEM oder Biodur S 282, der nach Herstellerangaben angesetzt wird.

Um die Lagerung des präparierten Materials noch zu verbessern, hätte man die fixierten Präparate von Zeit zu Zeit mit einer wässrigen Glycerinlösung 1:1 bepinseln oder besprühen oder die Präparate mit einer dünnen Glycerin-Gelatine-Schicht überziehen können.

Anstelle von Tüchern können mit Vorteil offenporige Schaumstoffmatten verwendet werden.

Besteht die Gefahr der Schimmelbildung durch längeres Abdecken, so können die Präparate von Zeit zu Zeit mit einem Fungizid behandelt werden (Fort, U. B., H. C. Wilson; G. Goldberg, Neumayer, L.).

4.1.5 Die Herstellung von Korrosionspräparaten unter Erhaltung der Knochen

Romodandowski verwendete zur Injektion der Blutgefäße Polymethylmethacrylat. Nach erfolgter Injektion kommt das Präparat in warmes Wasser und wird dann je nach Größe 1 - 2 Std. auf „kleiner Flamme“ gekocht.

Um das Gewebe aufzuweichen, wird dem Wasser etwas kohlenstoffsaures Natrium zugesetzt. Sobald dieses geschehen ist, werden die Präparate in frisches Wasser überführt und darin mazeriert. Nur durch den Einsatz von Speckkäfern oder Fäulnismazeration ist es möglich, tadellose Präparate zu erhalten.

Flehsig u. Zintsch legten einen Schweinskopf in 5%ige Antiforminlösung bei 60° C ein und kontrollierten ihn ständig. Der Mazerationsprozeß muss durch häufiges Spülen der Präparate in heißem Wasser oder mit einem heißen Strahl der Antiforminlösung gesteuert, beschleunigt und unterstützt werden. Daran schließt sich das Wässern in fließendem Wasser an.

4.2 Interpretation der eigenen Ergebnisse

Meine experimentelle Studie über die arterielle Versorgung von Ober- und Unterkieferknochen besagt, dass der Oberkiefer als auch der Unterkiefer mit sehr vielen Foramina nutriciae ausgestattet ist.

Die größten Foramina sind im OK das Foramen incisivum und das Foramen platatinum majus et minus und im Unterkiefer das Foramen mentale und Foramen mandibularis. Sie sind bei jedem Menschen vorhanden, jedoch in unterschiedlicher Anzahl, genauso wie die Kanäle im UK. Gultekins, Arack, Cwlik H, Karaosmaoglu AP und Isiks [1995] untersuchten 26 Patienten, und ihr Ergebnis lautete:

8 Patienten -> 2 oder mehr Kanäle

2 Patienten -> 4 Kanäle

16 Patienten -> 1 Kanal

Der Canalis lingualis lag 0,8mm +/- 0,2 mm in der Mitte des UK oder 0,6 mm +/- 0,1 mm in der Prämolarenregion. In meinem Fall haben alle Patienten nur einen Kanal. Lustig JP, London D, Dor BL, Yanko R [1993] untersuchten den Hauptblutfluss vom Unterkieferknochen. Zwei sublinguale Arterien, die eine Anastomose an der

Mittellinie bilden. Sie durchdringen den Knochen durch das Foramen lingualis, ungefähr 13mm von der unteren Kante des Unterkiefers entfernt. Ulmch, Solar P, Blahout R, Matejkatt, Watzek G und Gruber H [1990] untersuchten die Lokalisation des Mandibularkanals in Bezug auf die Atrophie des Unterkiefers. Der Abstand zwischen dem Mandibularkanal und der lingualen und bukkalen Kante/Rand ändert sich nicht, egal welches Stadium der Atrophie vorliegt. Die Distanz zwischen Mandibularkanal und der oberen und unteren Kante der Mandibule ändert sich stark. Die Distanz zwischen Kanal und Alveolarkamm (atrophierter) wird stärker als die Distanz zwischen Kanal und Basis (Grundfläche) des Unterkiefers. Diese Unterschiede wurden meist genau in der Region des 1. Molaren gefunden.

Über den Oberkiefer wurde keine vergleichbare Literatur gefunden. Die Lage des Kanals ist wichtig für chirurgische Eingriffe, z. B. bei anatomischen Varianten, z. B. Looping des n. mentalis, etc.

Die Anzahl und Lage der Foraminae sind von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Meine Studie zeigt die ungefähren Durchschnittswerte in verschiedenen Größen der vorkommenden Foramina. Es liegt eine hohe interindividuelle Variabilität in Bezug auf die Lage und Anzahl der Foramina nutriciae vor, vorzugsweise im Oberkiefer. Im Unterkiefer findet man weniger Foramina, bezogen auf die Referenzfläche, als im Oberkiefer. Die Gesamtzahl der Foramina im Verhältnis von Oberkiefer zu Unterkiefer liegt bei 1267:404.

Der mittlere Durchschnitt der Foramina liegt bei 17,6 im Oberkiefer und 6,15 im Unterkiefer, jeweils zwischen $0,15 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ mm}$. Die Lage der größeren Foramina ($\geq 0,5 \text{ mm}$) war in beiden Kiefern konstanter als die der kleinkalibrigeren Foramina.

Klinisch spielen die Foramina eine wichtige Rolle für die Vitalität des Knochens. Besonders nach chirurgischen Eingriffen sind sie bedeutsam für die Knochenheilung, um eine Nekrose zu verhindern. Deshalb soll man keinen Knochen dort entnehmen, wo größere Blutgefäße in ihn eintreten, z.B. lingual, mittig im Unterkiefer. Bei der Knochengewinnung muss man die Innenkortalis schonen und die retromolare Knochenentnahme erfolgt nicht retromolar am Trigonum, sondern weiter vestibulär an der linea obliqua.

5. Literaturverzeichnis

Berkowitz B.K.B., Holland G.R., Moxham B.J. (1980)

„Farbatlas und Lehrbuch der oralen Anatomie“,
Carl Hanser Verlag, München

Berkowitz B.K.B., Moxham B. (1981)

“Innervation, blood supply and lymphatics”,
in: Dental Anatomy and Embryology,
Blackwell Scientific Publications, Oxford 239 – 245

Bhaskar S.N. (1986)

“Maxilla and Mandible”,
in: Orban’s oral histology and embryology,
C.V. Mosby Company, Toronto

Carter R.B. und Kern (1971)

„The intramandibular course of the inferior alvedar nerve“,
J. Anat 108: 433 – 440,
Cambridge UMV Press, New York

Galeitner et al. (2001)

“Lingual Vascular canals of the mandible: Graduation with dental CT”,
in: Radiological SOC North AMER, Easton 186 – 189

Gultekin S., Arac M., Gulik H., Karaosmaoglu A.P., Isiks (1995)

“Assesement of mandibular vascular canals by dental CT”,
PMID: 14661487 Pub. Med.

Heinze, W. (1968)

Untersuchungen über die Verwendbarkeit von Buna-Latex, Styrol, Kohlenwasserstoffgießharz, Kallocryl und Polyesterharzen bei der Herstellung von Blutgefäßkorrosionspräparaten.
Anat. Anz. 123, 71-88

Lang J. (1985)

Praktische Anatomie: „Ein Lehr- und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen Handelns“, Erster Band „Kopf“, Teil A, übergeordnete Systeme, Springer Verlag, Berlin

Lavelle C.L.B. (1975)

“The blood supply of the oral tissues”,
in: Applied Physiology of the Mouth,
John Wright and Sons Publisher, Bristol

Lustig, J. P., London D., Dor B. L., Yanko, R.

“Ultrasound identification and quantitative measurement of blood supply to the anterior part of the mandible”, PMID: 14600700

McGregor und McDonald (1994)

„Vascular basis of the lateral osteotomy of the mandible head neck 16“, 135 – 142

Nerantzis, C., Antonakis E., Avgoustakis D. (1978)

“A new corrosion casting technique”,
Anat. Rec. 191, 321-326

Peters W. (1956)

„Die Herstellung von Injektionspräparaten mittels einer Emulsion von synthetischem Kautschuk unter Berücksichtigung einer dauerhaften Konservierung”,
Anat. Anz. 103, 258 – 264

Provenza D.V. und Seibel U. (1986)

„Alvedar process“

in: Oral Histology. Inheritance and development,

Lea and Febiger Publications, Philadelphia 49

Putz, R. Pabst R. (1993)

Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen

Urban & Schwarzenberg München, Band 1, 76

Siebert et al. (1997)

„Blood supply of the le Fort I maxillary segment: An anatomic study.“

Plast. Reconstr. Surg. 100 (4), 843 – 851

Steinmann W. (1982)

„Makroskopische Präparationsmethoden in der Medizin“,

Thieme Verlag, Stuttgart New York

Solar et al. (1999)

„Blood supply to the maxillary sinus relevant to sinus floor elevation procedures“,

Clin. Oral Implants Res. 10, 34 – 44

Schlünger P. (1986)

„Das Schummersche Plastoid-Korrosionsverfahren in der Rasterelektronen-
mikroskopie von Blutgefäßsystemen“,

Anat. Anz. 161, 69 – 79

Schroeder H.E. (1987)

„Orale Strukturbiologie“,

Thieme Medical Publishers, New York

Schummer A. (1935)

„Ein neues Mittel (Plastoid) und Verfahren zur Herstellung korrosions-anatomischer Präparate“,

Anat. Anz. 81, 177 – 201

Schwenzer und Ehrenfeld

„Spezielle Chirurgie“, Teil 2 (2000)

Thieme Medical Publisher, New York

Tepper et al. (2001)

“Computed tomographic diagnosis and localization of bone canals in the mandibular interforaminal region for prevention of bleeding complications during implant surgery”,
in: “Int J oral maxillofac implants”, 68 – 72

Traxler H. (1999)

“Arterial blood supply of the maxillary sinus”,

Clin. Anat. 12, 417 – 421

Yancopontus G. et al. (2000)

“Vascular specific growth factors and blood vessel information”,

Nature 407, 242 – 248

You Z.H.(1991)

“A study of maxillary and mandibular vasculature in relation to orthogenetic surgery”,

Chung Hua Kon Chiang Hsueh Tsa Chin 26, 263 - 266

6. Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Mikroskopie des Knochens	S. 10
Abbildung 2:	Oberkiefer vestibulär, Revultexinjektion	S. 24
Abbildung 3:	Oberkiefer vestibulär, Revultexinjektion	S. 25
Abbildung 4:	Oberkiefer vestibulär, Revultexinjektion	S. 26
Abbildung 5:	Oberkiefer palatinal, Revultexinjektion	S. 27
Abbildung 6:	Oberkiefer palatinal, Revultexinjektion	S. 28
Abbildung 7:	Oberkiefer von vestibulär, Revultexinjektion	S. 29
Abbildung 8:	Oberkiefer von palatinal	S. 30
Abbildung 9:	Oberkiefer von anterior, Revultexinjektion	S. 31
Abbildung 10:	Oberkiefer von palatinal, Revultexinjektion	S. 32
Abbildung 11:	Oberkiefer von palatinal. Feld 1	S. 34
Abbildung 12:	Oberkiefer von palatinal, Feld 2	S. 35
Abbildung 13:	Oberkiefer von palatinal, Feld 3	S. 36
Abbildung 14:	Oberkiefer von palatinal, Feld 4	S. 37
Abbildung 15:	Oberkiefer von palatinal, Feld 5	S. 38
Abbildung 16:	Oberkiefer von ventral, Feld 6	S. 39
Abbildung 17:	Oberkiefer von ventral, Feld 7	S. 39
Abbildung 18:	Oberkiefer von ventral, Feld 8	S. 40
Abbildung 19:	Oberkiefer von frontal, Feld 9	S. 40
Abbildung 20:	Oberkiefer von frontal, Feld 10	S. 41
Abbildung 21:	Oberkiefer von frontal, Feld 11	S. 42
Abbildung 22:	Oberkiefer von frontal, Feld 12	S. 43
Abbildung 23:	Oberkiefer von vestibulär, Feld 13	S. 43
Abbildung 24:	Unterkiefer vestibulär, Revultexinjektion	S. 45
Abbildung 25:	Unterkiefer lingual, Revultexinjektion	S. 46
Abbildung 26:	Unterkiefer von vestibulär	S. 47
Abbildung 27:	Unterkiefer von vestibulär	S. 48
Abbildung 28:	Unterkiefer von innen	S. 49
Abbildung 29:	Unterkiefer von basal/innen	S. 50
Abbildung 30:	Unterkiefer von vestibulär	S. 51
Abbildung 31:	Unterkiefer von vestibulär, Feld 1	S. 54
Abbildung 32:	Unterkiefer von ventral, Feld 2	S. 54

Abbildung 33:	Unterkiefer von ventral, Feld 3	S. 55
Abbildung 34:	Unterkiefer von vestibulär, Feld 4	S. 55
Abbildung 35:	Unterkiefer von okklusal, 4. Quadrant, Feld 5	S. 56
Abbildung 36:	Unterkiefer von lingual/basal, Feld 6	S. 56
Abbildung 37:	Unterkiefer von lingual, Feld 7	S. 57
Abbildung 38:	Unterkiefer lingual, Feld 8	S. 57
Abbildung 39:	Unterkiefer lingual/basal, Feld 9	S. 58
Abbildung 40:	Unterkiefer lingual, Feld 10	S. 58
Abbildung 41:	Unterkiefer von okklusal, 3. Quadrant, Feld 11	S. 59

7. Danksagung

Mein größter Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. dent. U. Stratmann für die Überlassung des Themas sowie für seine Geduld und den hilfreichen Rat bei der Betreuung dieser Arbeit.

Für die Mühe beim Korrekturlesen möchte ich mich ganz herzlich bei Prof. Dr. Dr. med. dent. J. Kleinheinz bedanken.

Großer Dank gebührt auch meinem Bruder Björn Knaf und meiner Freundin Heike Richter, die mir bei den formellen Dingen dieser Arbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

8. Lebenslauf