

**Darstellung des Verlaufs der Arteria palatina major unter
dem Aspekt der Entnahme autologer
Bindegewebstransplantate aus dem Gaumen**

Ein Vergleich zwischen der klinischen Situation und dem anatomischen Korrelat

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med. dent.

an der Medizinischen Fakultät Leipzig

der Universität Leipzig

Eingereicht von: Robert Knepper

Geboren am / in: 29.01.1984, Pirna

Angefertigt am: Institut für Anatomie der Universität Leipzig
(Direktor: Prof. Dr. med. Ingo Bechmann)

Betreuer: PD Dr. med. Sabine Löffler
Institut für Anatomie der Universität Leipzig

Dr. med. Thomas Barth,
BAG Dres. Barth, Ulrici, Höfner und Kollegen, Leipzig

Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom: 21.03.2017

Für meine Eltern.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abkürzungen | VI |
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1. Problemstellung | 1 |
| 1.2. Anatomische Grundlagen | 3 |
| 1.2.1. Embryologische Entwicklung | 3 |
| 1.2.2. Topographie | 4 |
| 1.2.3. Mikroskopische Anatomie | 7 |
| 1.3. Entnahme autologer Gewebstransplantate in der zahnärztlichen Chirurgie | 7 |
| 1.3.1. Physiologie der freien Gewebstransplantation | 7 |
| 1.3.2. Spenderregionen | 9 |
| 1.3.3. Fallbeispiel | 10 |
| 1.3.4. Verletzung der A. palatina major und Blutungskontrolle | 11 |
| 2. Material und Methode | 12 |
| 2.1. Untersuchungsmaterial | 12 |
| 2.1.1. Wesentliche Angaben zum vorliegenden Material | 12 |
| 2.1.2. Ethanol-Glycerin Fixierung | 15 |
| 2.2. Präparationstechniken | 16 |
| 2.3. Messmethoden | 20 |
| 2.4. Statistische Auswertung | 22 |
| 2.5. Einfluss der Fixierungsmethode auf das Präparationsmaterials | 22 |
| 2.5.1. Materialveränderung durch die Fixierung | 22 |
| 2.5.2. Versuchsaufbau | 23 |
| 2.5.3. Dentale Volumetomografie | 28 |
| 2.5.4. Verwendeter Dentaler Volumetomograph | 29 |
| 2.5.5. DVT-Auswertungssoftware und Messmethode | 30 |
| 2.6. Fotografische Dokumentation und Nachbearbeitung | 32 |
| 2.6.1. Verwendete Hardware | 32 |
| 2.6.2. Verwendete Software | 33 |
| 2.6.3. Theoretische Grundlagen | 35 |
| 2.6.4. Durchführung | 38 |
| 2.6.5. Nachbearbeitung der Bilder | 39 |
| 3. Ergebnisse | 41 |
| 3.1. Vergleich zwischen klinischer Situation und anatomischem Präparat | 42 |
| 3.2. Vermessung der Lage der A. palatina major | 50 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 3.3. | Verhalten von Weichgewebe unter dem Einfluss verschiedener Fixantien | 52 |
| 3.4. | Ergebnisse der Fotodokumentationen anatomischer Präparate | 56 |
| 3.5. | Fotografische Darstellung präformierter Körperhöhlen | 58 |
| 4. | Diskussion..... | 60 |
| 4.1. | Vergleich der Messergebnisse zur Lage der A. palatina major | 60 |
| 4.2. | Schlussfolgerungen aus dem DVT-Versuch | 61 |
| 4.2.1. | Vergleich der Messdaten für Kochen..... | 61 |
| 4.2.2. | Einfluss von Fixantien auf Weichgewebe | 62 |
| 4.2.3. | Aussagekraft der im DVT-Versuch ermittelten Werte | 62 |
| 4.3. | Kritische Einschätzung des Materials und der Methoden | 63 |
| 4.3.1. | Veränderungen der Anatomie unter Berücksichtigung der Präparation | 63 |
| 4.3.2. | Aussagekraft bezüglich Alter und Geschlecht der Spender | 63 |
| 4.3.3. | Kritische Einschätzung der angewandten Methoden | 64 |
| 4.4. | Weiterverwendung des Materials und der Erkenntnisse | 65 |
| 4.4.1. | Weiterverwendung Bildtafeln..... | 65 |
| 4.4.2. | Weiterverwendung DVT Versuchsaufbau..... | 66 |
| 4.4.3. | Weiterverwendung fotografische Anleitung | 66 |
| 5. | Zusammenfassung..... | 67 |
| 6. | Verzeichnis der Abbildungen..... | 69 |
| 7. | Verzeichnis der Tabellen | 71 |
| 8. | Literaturverzeichnis | 72 |
| 9. | Danksagung..... | 76 |
| 10. | Erklärung eigenständige Abfassung | 77 |
| 11. | Lebenslauf..... | 78 |
| Anlagen..... | | 79 |

Bibliografische Beschreibung

Knepper, Robert

Darstellung des Verlaufs der Arteria palatina major unter dem Aspekt der Entnahme autologer Bindegewebstransplantate aus dem Gaumen

Universität Leipzig, Dissertation

68 Seiten, 43 Literaturangaben, 42 Abbildungen, 12 Tabellen, 3 Anlagen

Referat:

Die sich stets weiterentwickelnden Verfahren zahnärztlicher Chirurgie bringen auch neue Anforderungen an den Operateur mit sich. Vor allem im Bereich der ästhetischen Korrektur von weichgewebigen Defekten im Bereich des Zahnhalteapparates gilt es, auf dem neuesten Stand zu sein, um moderne Zahnheilkunde anbieten zu können. Profunde Kenntnisse zur Topographie anatomischer Strukturen sind dabei für den Zahnarzt, den Spezialisten für Parodontologie und den Oralchirurgen unabdingbar. Um die dafür notwendige praktische Anleitung zu erhalten, können Mediziner am Institut für Anatomie der Universität Leipzig Kurse absolvieren, so z.B. auch angehende zahnärztliche Implantologen. Hierbei interessiert die Teilnehmer neben dem praktischen Vorgehen auch der Verlauf von Gefäßen und Nerven im Operationsgebiet. Anatomische Atlanten stellen die betreffenden Areale idealisiert und ohne Berücksichtigung der individuellen Variationsbreite dar. Zugänge, wie sie in der Klinik benötigt werden, finden sich selten. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit an sechs vollständigen und 21 geteilten humanen Kopfpräparaten (alle Ethanol-Glycerin fixiert) die A. palatina major präpariert und der klinischen Situation gegenübergestellt. Diese Arterie wurde gewählt, da ihr Versorgungsgebiet – der Gaumen – die bevorzugte Spenderregion autologer Bindegewebstransplantate ist. Dadurch wird die Lücke der oft unzureichenden Verknüpfung der klinischen Situation mit dem anatomischen Korrelat geschlossen. Des Weiteren wurde an diesen Präparaten eine in der Literatur als sicher beschriebene Entnahmestelle vermessen und die Werte den bekannten gegenübergestellt. Um diese Messwerte beurteilen zu können, wurde außerdem die Frage gestellt, inwieweit die Fixierung der Präparate deren Beschaffenheit verändert. Dies wurde in einem Versuch mit dentalen Volumetomogrammen von frisch angefertigten und anschließend fixierten Präparaten untersucht. Auf Grund der Tatsache, dass Humanpräparate nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung stehen, ist ein wesentlicher Aspekt dieser makroskopisch-anatomischen Arbeit die fotografische Dokumentation der präparierten Gefäßstrecken, bei der ästhetische u.a. Gesichtspunkte beachtet werden müssen. Da dies auch für andere makroskopische Arbeiten am Institut für Anatomie von Interesse ist, wurde dieser Teil so ausführlich beschrieben, dass er als Anleitung dienen kann.

Abkürzungen

| | |
|--------|---|
| A. | Arteria |
| Aa. | Arteriae |
| Abb. | Abbildung |
| AE | Auto Exposure |
| Art. | Artikel |
| Bez. | Bezeichnung |
| bds. | beidseits |
| bzw. | beziehungsweise |
| °C | Grad Celsius |
| DVT | Dentales Volumentomogramm |
| Fa. | Firma |
| For. | Foramen |
| Forr. | Foramina |
| HDR | High Dynamic Range |
| i.d.R. | in der Regel |
| ISO | Internationale Organisation für Normung |
| JPEG | Joint Photographic Experts Group |
| °K | Grad Kelvin |
| li | Links |
| M. | Musculus |
| MB | Megabyte |
| Mm. | Musculi |
| mm | Millimeter |
| N. | Nervus |
| Nn. | Nervi |
| OPG | Orthopantomogramm |
| PC | Personal Computer |
| PFA | Paraformaldehyd |
| Proc. | Processus |
| Rr. | Rami |
| re | Rechts |

| | |
|------|---------------|
| s. | siehe |
| Tab. | Tabelle |
| u.a. | unter anderem |
| V | Volt |
| vb | vollbezahlt |
| W | Watt |
| zl | zahnlos |

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Im Institut für Anatomie der Universität Leipzig finden während der semesterfreien Zeit regelmäßig Kurse für verschiedene Fachrichtungen statt, zweimal jährlich auch eine Fort- und Weiterbildung für angehende zahnärztliche Implantologen. Im Rahmen dieser Kurse ergaben sich immer wieder Fragen der Teilnehmer zu den Verläufen der anatomisch relevanten Strukturen in den jeweiligen Operationsgebieten, besonders jene von Gefäßen und Nerven. Klinische Bilder geben zwar einen Eindruck im Hinblick auf die Operationssituation, zeigen jedoch naturgemäß nicht den Verlauf eines Gefäßes oder Nerven. Die üblichen bildgebenden Verfahren der zahnärztlichen Implantologie (OPG, DVT) stellen weichgewebige Strukturen nicht in der erforderlichen Genauigkeit dar. Anatomische Präparate, die sich explizit auf die Darstellung dieser Strukturen im Bereich des Kiefers fokussieren, lagen im Institut nicht vor.

Mit den sich weiter entwickelnden Operationsverfahren im Bereich der zahnärztlichen Chirurgie steigen auch die Anforderungen an den Operateur (Oates et al. 2003). Vor allem im Bereich der ästhetischen Korrektur von weichgewebigen Defekten im Bereich des Zahnhalteapparates gilt es auf dem neuesten Stand zu sein, um moderne Zahnheilkunde anbieten zu können (Fickl und Thalmair 2013). Profunde Kenntnisse zur Topographie anatomischer Strukturen, aber auch des Aufbaus von Parodont und periimplantärem Gewebe sind somit unabdingbar. Anatomische Atlanten stellen diese Strukturen häufig idealisiert und ohne Berücksichtigung der individuellen Variationsbreite dar; in der Regel schichtweise, wie beim Präparieren üblich.

Im Rahmen dieser übergeordneten Thematik waren folgende Fragestellungen zu beantworten:

1. Vor dem Hintergrund der Entnahme von Bindegewebsstransplantaten aus dem Gaumen steht der Verlauf der A. palatina major im Mittelpunkt. Präparatorisch wurde von der im Institut für Anatomie üblichen Vorgehensweise, wie sie in den Anleitungen für die Kurse der Human- und Zahnmedizin beschrieben sind, abgewichen. Somit kann in der vorliegenden Arbeit die klinische Situation mit den

anatomischen Grundlagen zusammengeführt und dadurch die unzureichende Verknüpfung zwischen Operationssituation und dem anatomischen Korrelat geschlossen werden.

2. Der Fragestellung nach dem Verlauf des Gefäßes schließt sich die nach einer sicheren Entnahmeregion für ein autologes Transplantat an. Monnet-Corti et al. (2006) beschreiben diese von der mesialen Begrenzung des ersten Prämolaren bis zur mesialen Begrenzung des ersten Molaren bei einer Schnitttiefe von max. 10 mm. Es ist ein weiteres Anliegen der Arbeit, die in der Literatur beschriebenen Daten, an dem vorliegenden Material zu überprüfen.

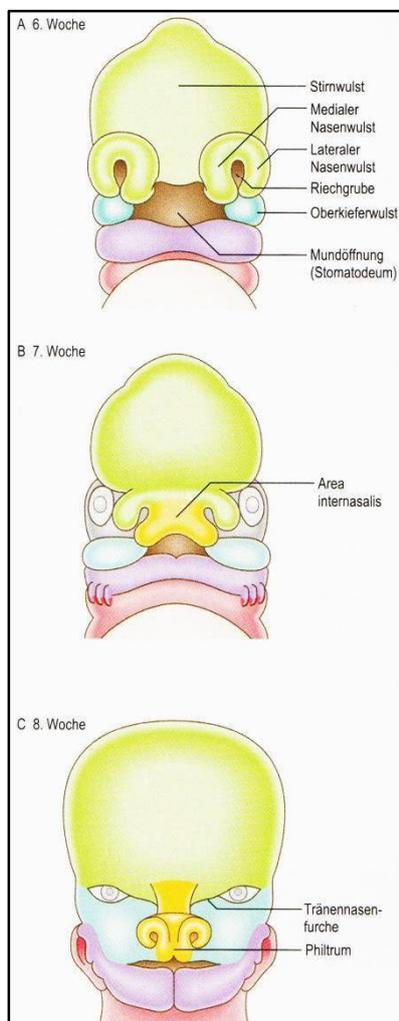
Der Gold-Standard für solche Untersuchungen ist unfixiertes, frisch eingefrorenes Material (Unger et al. 2010). Dies steht jedoch am Institut für Anatomie Leipzig nur in begrenztem Umfang zur Verfügung und ist zudem, auf Grund der einsetzenden organischen Zersetzung, nur sehr kurzfristig verwendbar. Für die Untersuchung standen hauptsächlich Präparate zur Verfügung, welche mittels einer Ethanol-Glycerin Lösung fixiert wurden. Seit Jahren die Methode erster Wahl am Institut für Anatomie Leipzig (Hammer et al. 2012). Durch diese Art der Fixierung entstehen Schrumpfungseffekte im Material (Gedrange 2008).

3. Die Frage, inwieweit diese Schrumpfung die Messwerte beeinflusst, ist ein dritter wesentlicher Schwerpunkt der Arbeit. Hierzu untersucht ein Experiment mittels dentalen Volumetomogrammen die Dimensionsveränderung des Materials im Verlauf der Fixierung.
4. Makroskopisch-anatomische Studien haben stets den Anspruch, ihre Ergebnisse mit großer Detailgenauigkeit und ansprechender Ästhetik fotografisch zu dokumentieren. Vor diesem Hintergrund ist ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit, die Erstellung einer ausführlichen Anleitung über den Aufbau eines entsprechenden Fotodokumentationsplatzes und die Durchführung der Fotografie auch für den fotografischen Laien. Als besondere Herausforderung wird an einem Präparat gezeigt, wie man mittels einer Software-Methode (HDR – High Dynamic Range) präformierte Körperhöhlen in einer Form ablichten kann, wie man sie auf herkömmliche Weise nicht erreichen würde.

1.2. Anatomische Grundlagen

Im folgenden Kapitel wird eine Übersicht sowohl über die Entwicklung als auch über die topografische Anatomie der Gaumenregion gegeben. Des Weiteren wird auf die Beschaffenheit der Mundschleimhaut in dieser Region eingegangen. Als Hinweis für die gesamte Arbeit sei erwähnt, dass alle Bilder bzw. Abbildungen, die kein Zitat enthalten, eigene Aufnahmen bzw. Zusammenstellungen sind.

1.2.1. Embryologische Entwicklung



In der fünften Entwicklungswoche bilden sich um eine primitive Mundöffnung fünf sogenannte Wülste. Kranial eine Stirnwulst, kaudal jeweils paarig Ober- und Unterkieferwülste, zwei mediale und zwei laterale Nasenwülste, aus zuvor entstandenen Riechplakoden, und weitere für die Augen- und Ohrenanlagen (Abb. 1). Die Entwicklung des Gaumens beginnt in der siebten Entwicklungswoche. Die medianen Nasenwülste wachsen nach laterokaudal bis sie an die Oberkieferwulst anstoßen und bilden die mittlere Oberlippe, das Philtrum, das Nasenseptum und den primären Gaumen. Die Oberkieferwulst bildet die seitlichen Oberlippen, den Oberkiefer, die Wangen und den sekundären Gaumen (Schulze 2006).

Abb. 1: Embryonale Gesichtsentwicklung (Schulze 2006)

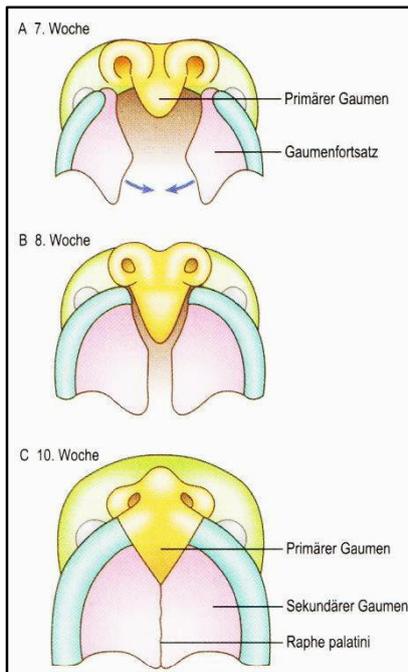


Abb. 2: Embryonale Entwicklung des Gaumens (Schulze 2006)

Zu diesem Zeitpunkt ragt der von den medianen Nasenwülsten gebildete primäre Gaumen in den bereits vorhandenen großen Mund-Nasen-Rachenraum. Beide Oberkieferwülste bilden je einen Gaumenfortsatz aus, der zunächst vertikal in Richtung Zunge wächst. Später richten diese sich horizontal aus und wachsen aufeinander zu (Abb. 2). Die Verschmelzungsstelle ist später knöchern als Sutura palatina mediana und weichgewebig als Raphe palatina sichtbar. In der neunten Entwicklungswoche findet auch der primäre Gaumen von ventral aus Anschluss. Beide verwachsen bis auf eine kleine Öffnung, das For. incisivum, vollständig miteinander. Dieser Prozess ist mit der 12 Entwicklungswoche

abgeschlossen. Nun verknöchern die vorderen zwei Drittel zum harten Gaumen (Palatum durum), während sich das hintere Drittel zum weichen Gaumen (Palatum molle) entwickelt (Schulze 2006).

1.2.2. Topographie

Nach abgeschlossener Entwicklung besteht der knöcherne Gaumen, welcher der Maxilla zuzuordnen ist, aus dem Alveolarfortsatz (Proc. alveolaris) und dem Gaumenbein (Palatum durum).

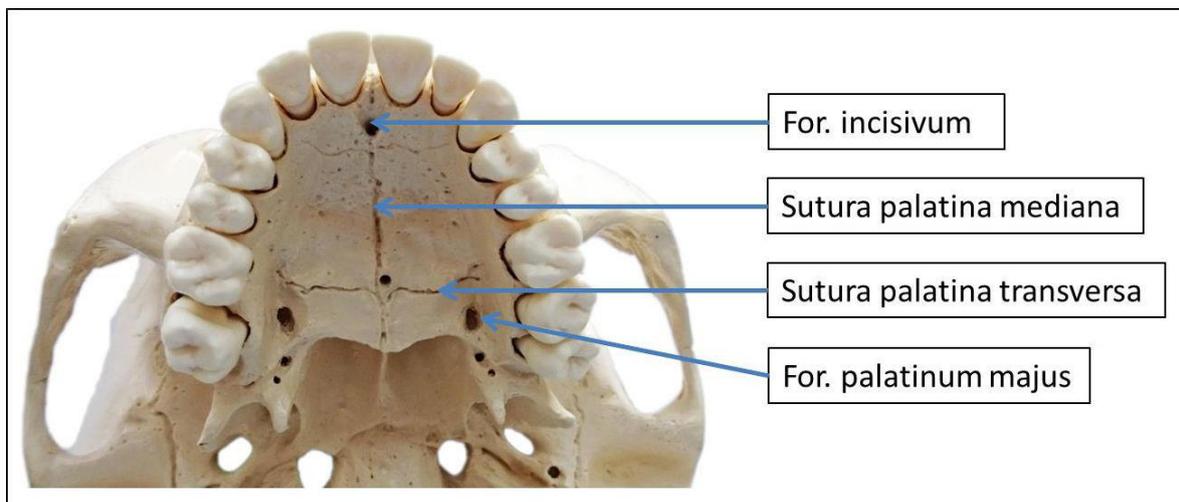


Abb. 3: Überblick über den knöchernen Gaumen

Dorsal der ersten und zweiten oberen Schneidezähne liegt das For. incisivum (Abb. 3). Es ist Eintrittspunkt für den N. nasopalatinus sowie kleinerer Äste der A. sphenopalatina (Abb. 4). Etwa auf Höhe der oberen zweiten Molaren befindet sich das paarig angelegte For. palatinum majus (Abb. 3), durch welches die A. palatina major zusammen mit dem N. palatinus major zieht (Abb. 4). Außerdem enthält die Gaumenschleimhaut zahlreiche kleinere Speicheldrüsen (Glandulae palatinae). Beginnend an der Sutura palatina transversa, erstreckt sich eine bindegewebige Platte: Die Aponeurosis palatina, welche wiederum Ansatzpunkt für die rachenringbildende Muskulatur darstellt – den M. palatoglossus, den M. palatopharyngeus sowie den M. uvulae (Abb. 4).

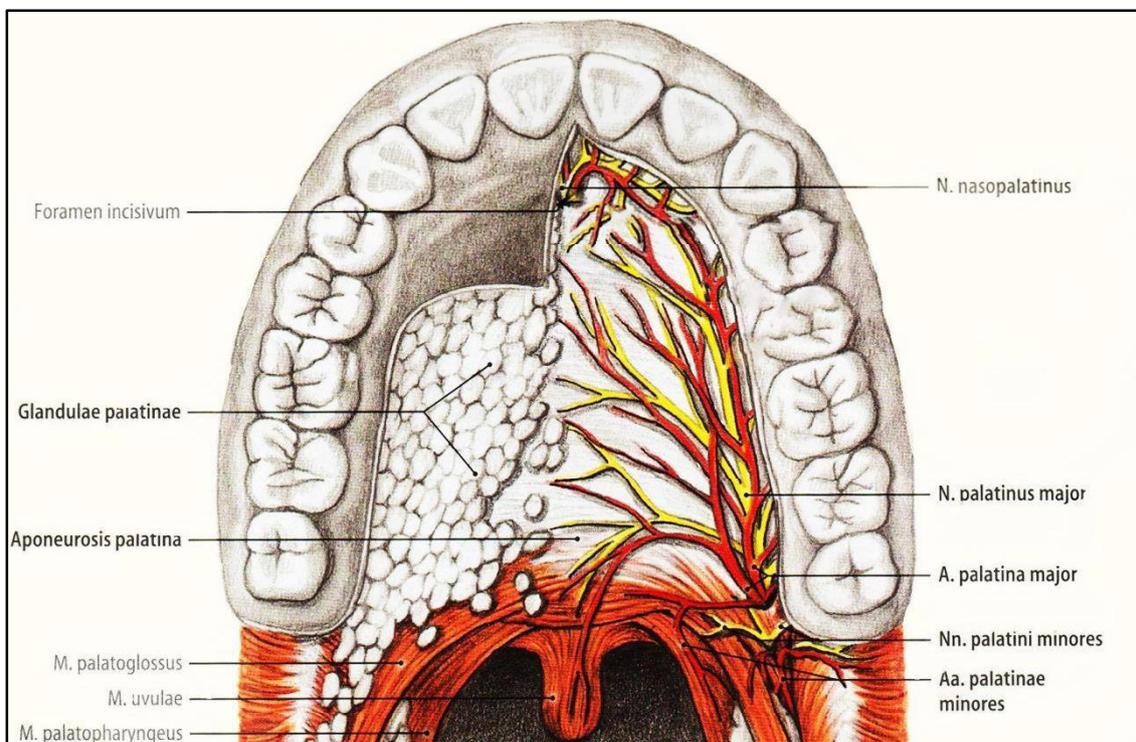


Abb. 4: Überblick über die Gefäß-Nerven-Bahnen im Gaumen (Tillmann 2010)

Die unmittelbar angrenzende Struktur zum knöchernen Gaumen stellt der Sinus maxillaris, die Kieferhöhle, dar. Im Rahmen der Arbeit wurde er für das HDR-Verfahren fotografiert (Kap. 3.3, S. 52) und findet somit hier seine topographische Vorstellung. Die Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales) sind luftgefüllte Schleimhautausstülpungen der Nasenhöhle, die sich zwischen die beiden Deckplatten (Tabula externa und interna) einiger Schädelknochen schieben und sich um die Nasenhaupthöhle gruppieren (Pilzweger 2008).

Der Sinus maxillaris ist die größte dieser Nebenhöhlen. Er hat die Form einer liegenden Pyramide, wobei die Basis zur Nasenhaupthöhle gerichtet ist, ihre Spitze zum Proc. zygomaticus zeigt und in den mittleren Nasengang (Meatus nasi medius) mündet (Pilzweger 2008) (Abb. 5).

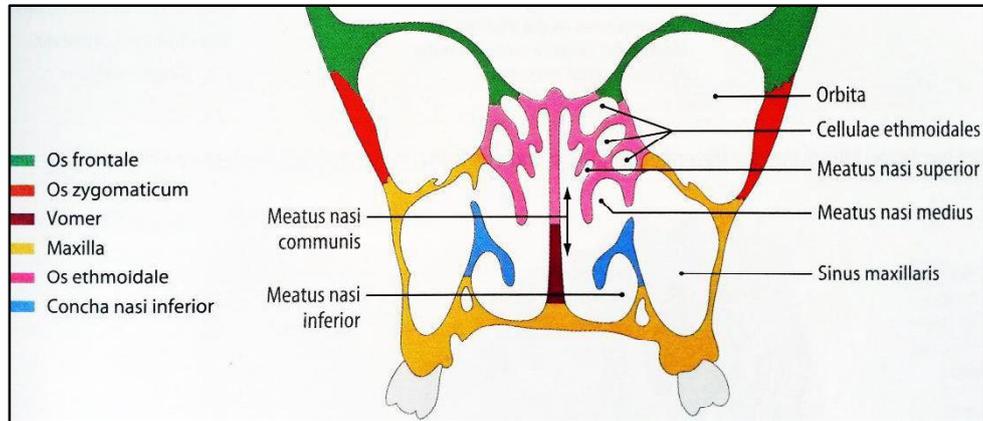


Abb. 5: Schematische Darstellung der Nasennebenhöhlen (Tillmann 2010)

Die Begrenzungen der Kieferhöhle sind in der folgenden Tabelle sowie der Abb. 6 dargestellt.

Tabelle 1: Begrenzung des Sinus maxillaris (Aumüller 2007)

| | |
|----------------------|--|
| Obere Begrenzung | Orbitaboden |
| Untere Begrenzung | Facies anterior maxillae |
| Vordere Begrenzung | Palatum durum bzw. die Wurzeln der Oberkieferzähne |
| Seitliche Begrenzung | Mediale Nasenhöhlenwand |

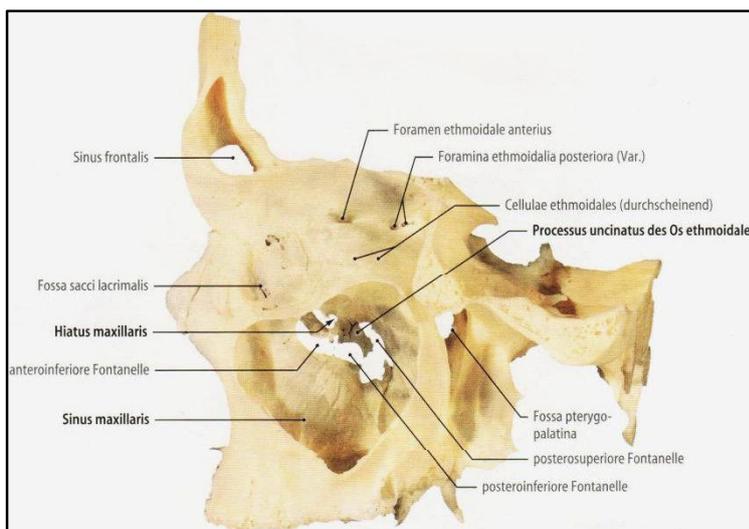


Abb. 6: Knöcherne Begrenzungen des Sinus maxillaris (Tillmann 2010)

1.2.3. Mikroskopische Anatomie

Die den harten Gaumen bedeckende Schleimhaut wird als mastikatorische Mukosa bezeichnet und grenzt sich von der auskleidenden, verschieblichen Mukosa von Lippen, Wangen, Vestibulum, Mundboden und Zungenuntergrund ab. Die Gingiva besteht aus Bindegewebe und bedeckendem mehrschichtigem Plattenepithel, wobei ihre Oberfläche keratinisiert ist. Sie erstreckt sich vom gingivalen Saum bis zur mukogingivalen Grenze und wird in freie und befestigte Gingiva unterteilt. Etwa auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze geht die freie Gingiva in die befestigte über, die sich palatinal übergangslos als mastikatorische Mukosa fortsetzt. Hier weist sie eine besonders starke Keratinisierung auf, was keine Anforderungsanpassung darstellt, sondern genetisch durch das darunter liegende Bindegewebe beeinflusst wird (Karring et al. 1975; Karring et al. 1971). Die Gaumenschleimhaut besteht aus einem bedeckendem Epithel, dem subepithelialen Bindegewebe und der Submukosa. Das keratinisierte Plattenepithel entspricht hierbei der Struktur des oralen Gingivaepithels. Das darunter liegende Bindegewebe ist sehr derb und besteht mehrheitlich aus kollagenen Fibrillen – elastische Fasern fehlen gänzlich. Breite kollagene Faserbündel durchziehen die Submukosa und verbinden das subepitheliale Bindegewebe mit dem Periost (Zuhr et al. 2012; Sicher und Bhaskar 1972).

1.3. Entnahme autologer Gewebstransplantate in der zahnärztlichen Chirurgie

Im folgenden Kapitel werden die Theorie der freien Gewebstransplantation zur Rekonstruktion von Weichgewebsdefekten, eine beispielhafte Indikation anhand eines Patientenfalls und ein geläufiges Entnahmeverfahren vorgestellt.

1.3.1. Physiologie der freien Gewebstransplantation

Eine Transplantation umfasst alle Eingriffe zur Verpflanzung, in diesem Fall körpereigener (autologer) Zellen, Gewebe oder Organe. Man unterscheidet weiterhin freie (avaskuläre) von gestielten (vaskularisierten) Transplantaten. Letztere werden

zur Deckung großer Defekte z.B. in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie eingesetzt und spielen daher in diesem Kapitel keine Rolle.

Freie Transplantate können nach ihrer Transplantation nur per Diffusion durch die lokale intra- und interzelluläre Flüssigkeit ernährt werden. Dieser Vorgang wird auch als plasmatische Zirkulation bezeichnet, für deren Fortgang die unterschiedlichen Konzentrationsgradienten entscheidend sind. Erst etwa am dritten Tag nach der Transplantation beginnt die Einsprossung kleiner Blutgefäße (Revaskularisierung) und die Phasen der Wundheilung können beginnen. Für eine erfolgreiche Transplantation ist entscheidend, die Abstände zwischen ortsständigem Gewebe und dem Transplantat so gering wie möglich zu halten, um die Wege für die Diffusionsvorgänge zu verkürzen. Dies ist erforderlich, um so schnell wie möglich viele Zellen des Transplantats zu ernähren. Ein sehr flächiger Kontakt zwischen Empfängerbett und transplantiertem Gewebe ist hierfür förderlich. Starkes Einbluten und die Bildung eines Koagulums zwischen den Geweben senkt die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Transplantation (Oliver et al. 1968).

Daraus ergeben sich verschiedene Anforderungen an ein freies Bindegewebstransplantat:

- Verfügbarkeit in ausreichend großer Menge
- Entnahme ohne größere Risiken und akzeptable Patientenmorbiditätsrate
- Gehalt vitaler gewebsspezifischer Zellen
- Gewebskonduktive (diffundible) Eigenschaften
- Gewebsinduktive (Auslösen von Proliferation) Fähigkeiten (Zuhr et al. 2012)

Um der Anforderung nach einer gewebskonduktiven und gewebsinduktiven Wirkung nachzukommen, ist das autologe Bindegewebstransplantat das ideale Material zur Rekonstruktion von Weichgewebsdefekten. Gerade die Mitverpflanzung von Fibroblasten, die der initialen plasmatischen Zirkulation und der Revaskularisierung zugänglich sind, verbessern die Prognose gegenüber körperfremden (allogenen) Transplantaten (Axhausen 1908).

1.3.2. Spenderregionen

An dieser Stelle sollen lediglich intraorale Spenderregionen vorgestellt werden. Hauptentnahmestellen sind der seitliche Gaumen, das Tuber maxillae sowie der retromolare Bereich im Unterkiefer (Studer et al. 1997; Zuhr et al. 2012). Zu unterscheiden sind hierbei zwei Arten von Transplantaten: subepitheliale freie Bindegewebstransplantate ohne bedeckendes Epithel und vollschichtige freie Schleimhauttransplantate, die alle histologischen Gewebsschichten umfassen. Studien zur Dicke der zur Verfügung stehenden Gewebe ergaben, dass im Bereich der Prämolaren am seitlichen Gaumen die dickste Mukosa zu finden ist, weshalb sich der bevorzugte Entnahmebereich am seitlichen Gaumen befindet (Beatty et al. 1993; Reiser et al. 1996). In einer Studie an 198 Gipsmodellen von parodontal gesunden Patienten wurde gezeigt, dass der Hauptast der A. palatina major im Bereich der Eckzähne etwa 12 mm unterhalb des Gingivarands liegt und etwa 14 mm im Bereich der ersten Molaren (Monnet-Corti et al. 2006), so dass eine Inzision in der Ausdehnung von mesialer Begrenzung des ersten Prämolaren bis zur mesialen Begrenzung des ersten Molaren 2 mm unterhalb des Gingivarands und 8 mm in die Tiefe als sicher gelten kann (Zuhr et al. 2012).

Abschließend folgt die Beschreibung des Entnahmeverfahrens für Bindegewebstransplantate.

Tabelle 2: Beschreibung des Verfahrens zur Entnahme subepithelialer Bindegewebstransplantate (Hürzeler und Weng 1999)

| | |
|---|---|
| 1 | Erstinzision <ul style="list-style-type: none"> • 2 mm apikal der marginalen Gingiva • Senkrecht zur Geweboberfläche • 1 bis 1,5 mm tief • Von mesialer Begrenzung des ersten Molaren bis zum seitlichen Schneidezahn |
| 2 | Präparation eines bis in den Lappenrand gleichmäßig dicken Spaltlappens |
| 3 | Spaltlappenpräparation waagrecht zur Geweboberfläche in die Tiefe ca. 8 mm |
| 4 | Bei der Umschneidung des Transplantats koronal Weichgewebsstufe belassen |
| 5 | Entnahme des Transplantats mit Periost |
| 6 | Sicherer Nahtverschluss unter Durchführung einer fortlaufenden Naht mit Unterschlingung |
| 7 | Immer Verbandsplatte einsetzen |

1.3.3. Fallbeispiel

Abb. 7 zeigt den Fall eines 45jährigen Patienten nach Frontzahntrauma mit nicht erhaltungswürdigem oberem Schneidezahn (Zahn 11). Nach Extraktion des Zahnes fehlt die vestibuläre Knochenlamelle vollständig (Abb. 7a). Für eine spätere Implantation ist diese Situation ungünstig. Hinzu kommt, dass ohne diese knöcherne Abstützung das Bindegewebe an dieser Stelle einfallen und zu einem ästhetisch ungünstigen Ergebnis führen würde. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, soll die lokale Mukosa verstärkt werden. Hierzu wird aus dem seitlichen Gaumen ein freies vollschichtiges Bindegewebestransplantat im Umfang der Alveole entnommen und dort vernäht. Die Entnahmestelle liegt etwa auf Höhe des zweiten oberen Prämolaren (Abb. 7b). Die Erstinzision erfolgte ca. 2 – 3 mm unterhalb des marginalen Gingivasaums. Abb. 7c zeigt die Entnahme des Transplantats. Nach anschließender Vorbereitung für die Alveole wird das Gewebe mit 6-0 Ethilon¹ umfangreich vernäht, um einen möglichst lückenlosen und flächigen Kontakt herzustellen (Abb. 7d und e). Das Vernähen der Entnahmestelle mit 4-0 Ethilon mit umlaufenden Nähten zeigt Abb. 7f.

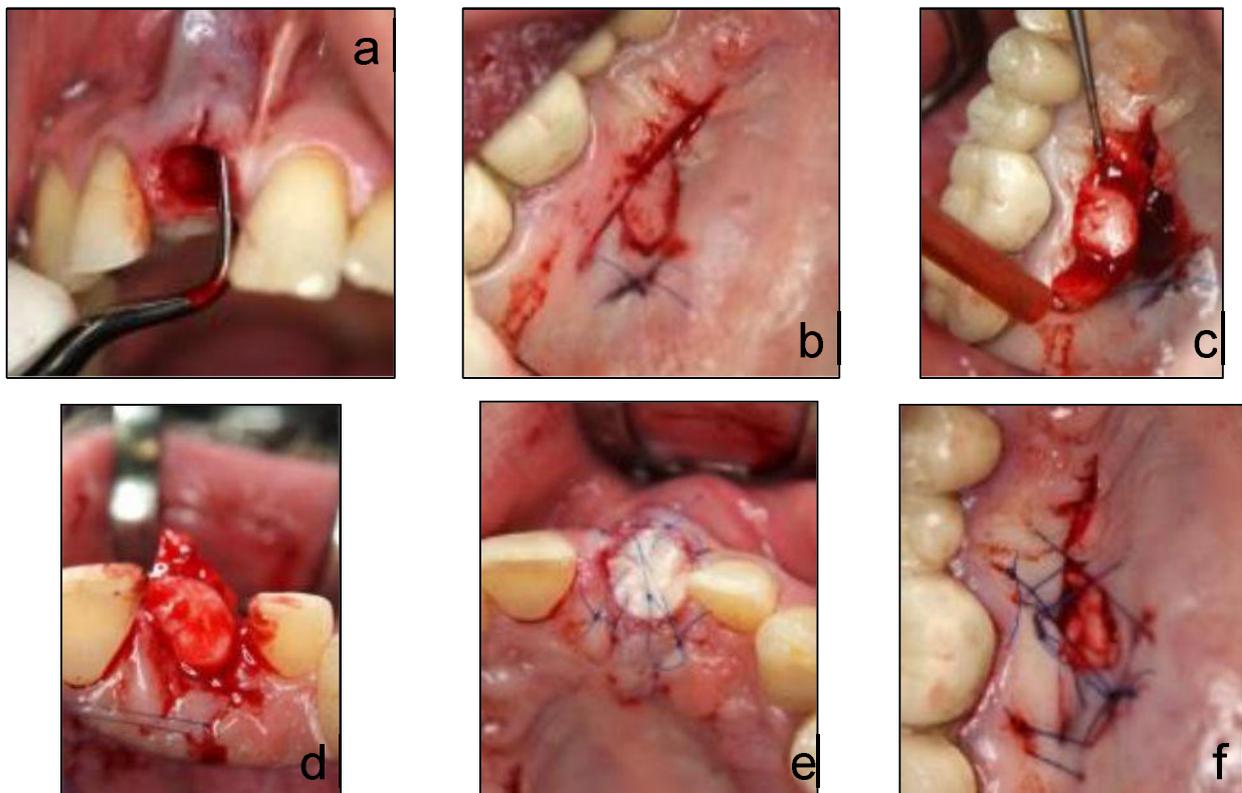


Abb. 7: Indikation und Versorgung eines Weichgewebsdefektes [Fall und Bildmaterial von Dr. med. Thomas Barth, BAG Dres. Barth, Ulrici, Höfner und Kollegen, Leipzig]

Bindestrich, desto dünner ist der Faden. Firma: Johnson & Johnson Medical GmbH Ethicon Deutschland, Norderstedt, Deutschland

1.3.4. Verletzung der A. palatina major und Blutungskontrolle

Wie bereits beschrieben, ist eine der häufigsten Operationen zur Rekonstruktion parodontaler Defekte die Entnahme autologer Bindegewebstransplantate aus dem seitlichen Gaumen (Del Pizzo et al. 2002). Hält man die oben beschriebenen anatomischen Grenzen bei der Entnahme ein, scheinen die Risiken einer Gefäßverletzung überschaubar. Jedoch können anatomische Varianten oder das Überschreiten der als sicher angesehenen Entnahmezonen um z.B. mehr Material zu gewinnen, zu einer Verletzung der A. palatina major führen. Die Eröffnung des Gefäßes stellt eine schwerwiegende Komplikation dar und kann zu massiven Blutungen führen (Klosek und Rungruang 2009; Gauthier et al. 2002). In diesem Fall sollte zunächst eine mehrminütige Kompression versucht werden. Anschließend sollte das Gefäß aufgesucht, abgeklemmt und unter der Klemme umschlungen werden. Eine Alternative stellt die Elektrokoagulation dar, die jedoch bei größerer Eröffnung nicht ausreichen kann und zudem Gewebsnekrosen verursacht. Ist die Blutung unter Kontrolle, sollte die zur Verfügung stehende Verbandplatte zu einem Druckverband modifiziert werden. Hierzu wird der Bereich der Platte, der über dem For. palatinum majus liegt, angeraut und gebondet². Danach wird ein fließfähiges Komposit³ in einer Schichtstärke von 1 – 1,5 mm aufgebracht und gehärtet. Die Seitenzähne werden koronal kurz angeätzt, die Verbandplatte anschließend unter Druck eingesetzt und mit fließfähigem Komposit dort befestigt (Zuhr et al. 2012).

² Bonding (aus dem Englischen „to bond“ – etw. verbinden). Hierbei handelt es sich um einen Teil eines zahnärztlichen Haftvermittlersystems zum Anheften von Kunststoffen an Zahnhartsubstanz (Hellwig et al. 2009).

³ Hierbei handelt es sich um einen heute üblichen zahnärztlichen Füllungsverbundwerkstoff aus einer organischen Kunststoffmatrix, die mit anorganischen Füllstoffen versehen ist (Hellwig et al. 2009).

2. Material und Methode

Das zweite Kapitel der Arbeit stellt das zur Verfügung stehende Untersuchungsmaterial, Fixierungsmethoden, sowie die angewandten Präparationstechniken vor. Des Weiteren werden die Fotodokumentation und die Nachbearbeitung des Bildmaterials eingehend erläutert.

2.1. Untersuchungsmaterial

Das Untersuchungsmaterial stammte von 27 Körperspendern im Alter von 71-95 Jahren (Durchschnitt 81,3 Jahre) des Institutes für Anatomie der Universität Leipzig. Davon waren 13 männlich und 14 weiblich. Die Spender haben zu Lebzeiten im Rahmen einer „Letztwilligen Verfügung“ festgelegt, nach ihrem Tod dem Institut ihren Körper bzw. Teile dessen zur wissenschaftlichen Forschung und Lehre zur Verfügung zu stellen. Nach einer zweiten Leichenschau durch einen Rechtsmediziner wurden die Körper für die Fixierung freigegeben.

Für die vorgestellte Arbeit standen sechs vollständige und 21 geteilte humane Kopfpräparate zur Verfügung, die alle Ethanol-Glycerin fixiert worden sind. Daher wird die Ethanol-Glycerin Fixierung in diesem Kapitel weiterführend erläutert.

2.1.1. Wesentliche Angaben zum vorliegenden Material

Die vorliegenden Präparate stammten aus Kursen des Instituts für Anatomie der Universität Leipzig. Daher waren bereits unterschiedliche Präparationen an ihnen vorgenommen worden. Es lag jedoch kein Präparat vor, an dem die gewünschte Region nicht dargestellt und vermessen werden konnte. Nicht alle Präparate befanden sich in einem für die fotografische Dokumentation geeigneten Zustand, so dass diese nur beispielhaft in der Arbeit abgebildet werden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Zustand der Präparate vor dem Beginn der Präparation für diese Arbeit.

Tabelle 3: Angaben zum Ausgangszustand der vorliegenden Humanpräparate

| Bez. | Alter | Geschlecht | Art | Vorpräparationen |
|------|-------|------------|-------------|---|
| 1 | 87 | ♂ | vollständig | Weitestgehend unpräpariert |
| 2 | 95 | ♂ | vollständig | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| 3 | 83 | ♀ | vollständig | Rechts unpräpariert; links A. facialis, A. angularis und N. mentalis dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| 4 | 83 | ♂ | vollständig | Beidseits nur N. facialis präpariert, Gaumen unpräpariert |
| 5 | 75 | ♀ | vollständig | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| 6 | 72 | ♀ | vollständig | Rechts N. facialis präpariert; links weitestgehend unpräpariert, Gaumen unpräpariert |
| 101 | 72 | ♂ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, am Gaumen For. Palatinus major dargestellt, jedoch A. palatina major weit am For. abgesetzt |
| 102 | 86 | ♂ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| 103 | 78 | ♀ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| 104 | 81 | ♀ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, am Gaumen For. Palatinus major dargestellt, jedoch A. palatina major weit am For. abgesetzt |
| 105 | 81 | ♀ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| 106 | 92 | ♂ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| A | 85 | ♂ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| B | 81 | ♂ | geteilt | Haut entfernt, keine Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| C | 78 | ♀ | geteilt | Haut und teilweise subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven teilweise dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| D | 74 | ♂ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven teilweise dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| E | 92 | ♀ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, |

| | | | | |
|----------|----|---|---------|---|
| | | | | Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| F | 74 | ♂ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven teilweise dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| G | 81 | ♀ | geteilt | Haut und teilweise subkutanes Gewebe entfernt, Gaumen unpräpariert |
| H | 90 | ♀ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven teilweise dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| I | 75 | ♀ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gaumen unpräpariert |
| J | 71 | ♂ | geteilt | Haut und subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| K | 86 | ♂ | geteilt | Haut entfernt, Gaumen unpräpariert |
| L | 91 | ♀ | geteilt | Haut entfernt, Gaumen unpräpariert |
| M | 72 | ♀ | geteilt | Haut und teilweise subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven teilweise dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| N | 78 | ♂ | geteilt | Haut und teilweise subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven teilweise dargestellt, Gaumen unpräpariert |
| O | 82 | ♀ | geteilt | Haut und teilweise subkutanes Gewebe entfernt, Gefäße und Nerven teilweise dargestellt, Gaumen unpräpariert |

2.1.2. Ethanol-Glycerin Fixierung

Die Methode der Ethanol-Glycerin Fixierung hat sich für die Fixierung anatomischer Präparate seit Jahrzehnten bewährt und wurde im Laufe der Zeit am Institut für Anatomie der Universität Leipzig weiterentwickelt (Hammer et al. 2012). Dabei stellt sie eine Alternative zur noch immer weit verbreiteten Formalinfixierung dar, die in den meisten anatomischen Instituten zur Anwendung kommt (Becker 2002; Kunz 1991). Die Zusammensetzung der Lösungen basiert auf langjährigen Erfahrungen. So ist der Lösung u.a. Thymol zugesetzt, da die Proteine in einem in Ethanol-Glycerin fixierten Präparat bei Raumtemperatur sonst wieder renaturieren würden. Der genaue Ablauf der Fixierungsmethode wie sie für den Präparierkurs am Institut für Anatomie der Universität Leipzig angewandt wird, ist in der Dissertation von Anne Wacker „Anatomische Voraussetzungen für pedale Bypass-Revaskularisationen und der Stellenwert der Makroskopie“ von 2012 beschrieben. An dieser Stelle soll nur ein grober Überblick gegeben werden.

Zuerst wird der Körper von innen über das Gefäßsystem fixiert und anschließend von außen behandelt, sodass die Autolyse des Gewebes verhindert bzw. gestoppt werden kann. Die innere Fixierung wird dabei über die A. femoralis vorgenommen. In das freigelegte Gefäß führen die Sektionstechniker zwei kaliberstarke Kanülen ein. Eine Kanüle zeigt nach distal in Richtung Fuß, die andere nach proximal in Richtung Rumpf. Über eine Pumpe wird bei unter einem Bar Druck die Fixierlösung infundiert. Je nach Größe und Gewicht des Körpers wird dieser Vorgang für sechs bis zehn Zyklen wiederholt und kann bis zu drei Tage in Anspruch nehmen. So ist eine vollständige Verteilung der Lösung im Gewebe gesichert.

Ist die innere Fixierung abgeschlossen, überführt man den Leichnam in ein Tauchbecken mit 60 %iger Ethanolösung, um ihn von außen zu fixieren. Der Körper muss mindestens drei Wochen in der Lösung liegen, bis die Fixierung vollständig abgeschlossen ist. Danach wird er zum Abtropfen für einen Tag auf dem Sektionstisch gelagert. Bevor man den Leichnam in Folie einhüllt, wird ein mit Fixans getränkter Lappen auf den Thorax gelegt, damit dieser in der Folie zusätzlich eine Wirkung entfalten kann (Wacker 2012).

2.2. Präparationstechniken

Zur Durchführung der beschriebenen Präparationstechniken wurde das in der Präparieranleitung des Instituts für Anatomie Leipzig beschriebene Besteck verwendet (Institut für Anatomie der Universität Leipzig 2014). Dieses Grundbesteck wurde um folgende Utensilien erweitert:

- Oszillierende Säge
- Splitterpinzetten in verschiedener Größe
- Hammer
- Meißel in verschiedenen Größen
- Einmalskalpelle in verschiedenen Größen
- Schleifstein
- Messlehre
- Einmalhandschuhe

Die Abb. 8 zeigt die Zusammenstellung des modifizierten Bestecks. Nicht im Bild ist die Oszillierende Säge.



Abb. 8: Übersicht Präparierbesteck

Je nach vorliegendem Präparat wurden die beschriebenen Präparationstechniken unilateral oder bilateral angewendet.

In der Präparieranleitung des Instituts für Anatomie Leipzig (2014) ist für die Präparation des harten Gaumens vorgesehen, den N. nasopalatinus und den N. palatinus major darzustellen. Des Weiteren soll, ausgehend von der lateralen Nasenwand, der Canalis palatinus major zur Darstellung der Nn. palatini und der A. palatina descendens aufgefräst werden. Die weiterführende Anleitung zur Präparation weiter kranial gelegener Gebiete bleibt hier unerwähnt.

In der vorliegenden Beschreibung geht es vor allem um das Auffinden der durch die Gaumenschleimhaut ziehenden Nerven und deren Austrittspunkte aus dem harten Gaumen. Für die Zwecke der Arbeit, den Gaumen als zahnärztliches Operationsgebiet darzustellen, kann dieser Beschreibung nicht routinemäßig gefolgt werden.

Zunächst musste für die Präparate ein anderes Vorgehen gefunden werden, um während der Präparation eine bessere Übersicht zu erzielen. Weiterhin sollte die Region besser mit dem Präparierbesteck zu erreichen und eine direktere Einsicht im Rahmen der fotografischen Dokumentation gewährleistet sein. Hierzu erfolgte die Entfernung aller anatomischen Strukturen kaudal der Mundwinkel. Dies ist im Rahmen der Kurspräparation nicht vorgesehen, wobei eine Anleitung für die Exartikulation des Unterkiefers enthalten ist. Dafür werden der M. temporalis, der M. masseter, der Jochbogen und der Proc. coronoideus abgesetzt und anschließend die Gelenkkapsel eröffnet und der Proc. condylaris exartikuliert (Institut für Anatomie der Universität Leipzig 2014).

Da diese Beschreibung nicht vorsieht, den gesamten Unterkiefer vom Kopf zu lösen, wurde das Vorgehen modifiziert, um zum gewünschten Ergebnis zu gelangen. Die folgende Abb. 9 zeigt die einzelnen Schritte an einem geteilten humanen Kopfpräparat.

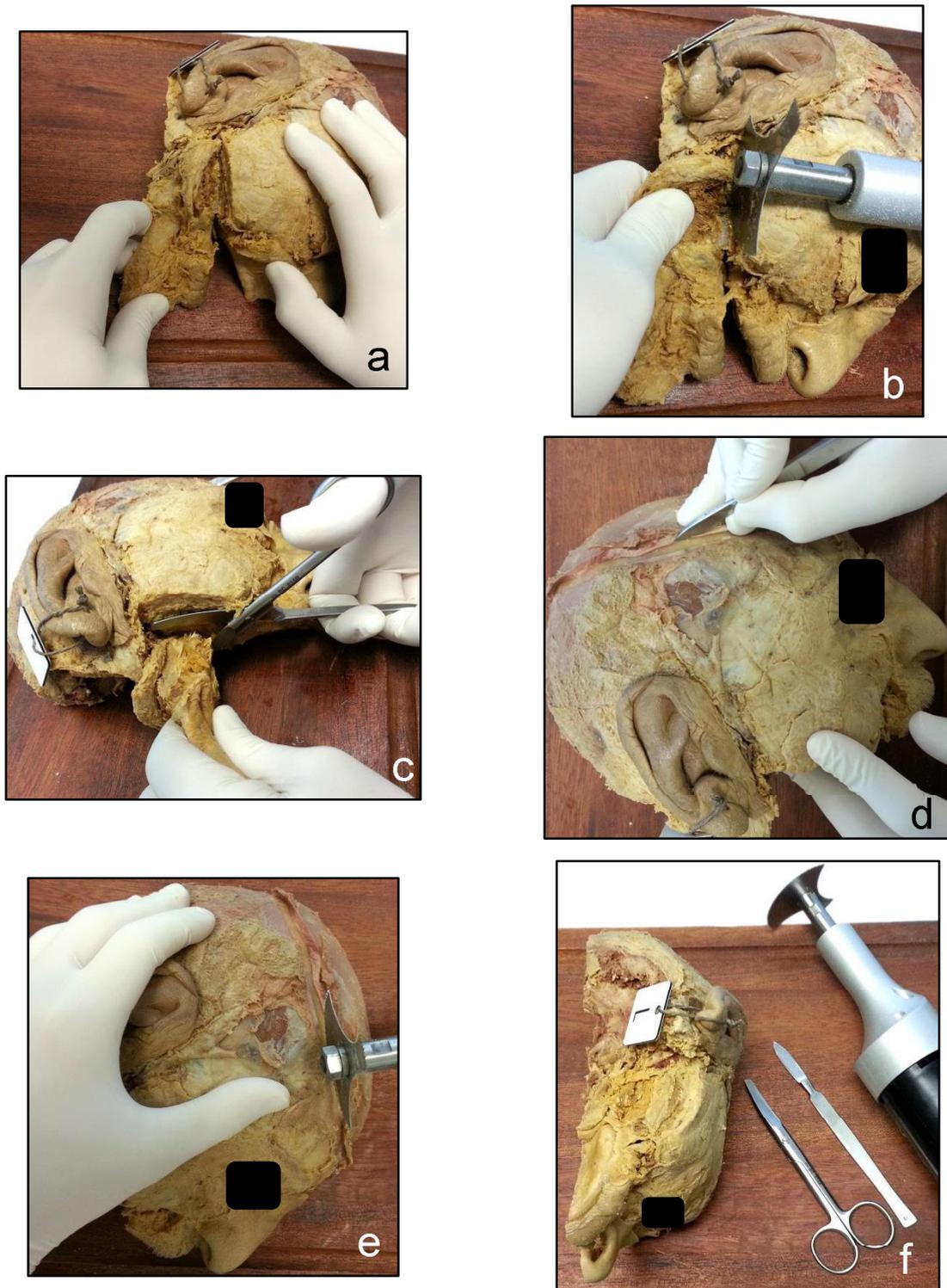


Abb. 9: Ablauf der Präparation zur besseren Darstellung der Untersuchungsregion

Um den Unterkiefer entfernen zu können, bedurfte es der Absetzung verschiedener Muskeln und Muskelgruppen. So wurde die betreffende mimische Muskulatur auf Höhe des Mundwinkels in Richtung Ramus mandibulae geteilt.

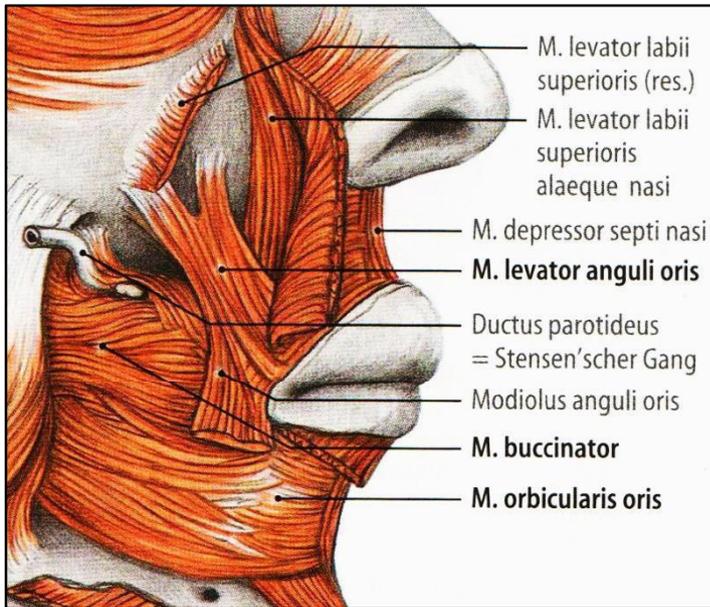


Abb. 10: Mimische Muskulatur (Tillmann 2010)

Im Einzelnen betrifft dies den (Abb. 10):

- M. buccinator
- M. orbicularis oris
- M. levator anguli oris
- M. depressor anguli oris

Außerdem wurde der M. masseter bis auf dem Ramus mandibulae durchtrennt (Abb. 9a). Im Anschluss daran wurde mit einer oszillierenden Säge der Ramus mandibulae auf Höhe der Schnittebene zerteilt (Abb. 9b). Zusätzlich zu den bereits erwähnten Muskeln erfolgte nun das Absetzen der intraoralen Muskulatur. Im Einzelnen (Abb. 11):

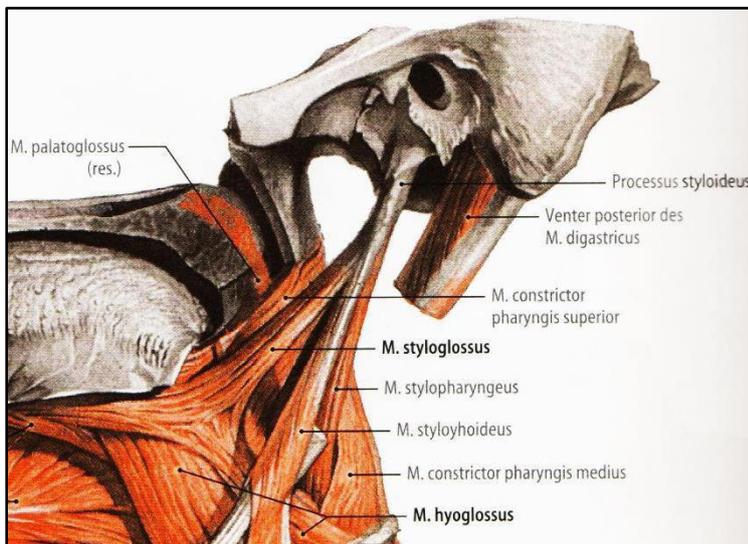


Abb. 11: Suprahyale Muskulatur (Tillmann 2010)

- M. pterygoideus medialis
- M. styloglossus
- M. stylopharyngeus
- M. stylohyoideus
- M. palatoglossus
- M. palatopharyngeus
- Venter post. des M. digastricus (Abb. 9c)

Das Durchtrennen der Galea aponeurotica und anschließende Absetzen der Kalotte vervollständigte die Vorbereitungen für die eigentliche Präparation des Gaumens (Abb. 9d und e). Abb. 9f zeigt das Ergebnis dieser Schritte.

Die anschließende Präparation der Schleimhaut erfolgte vollständig, schichtweise und behutsam, um den Gefäß-Nerven-Strang aus A. palatina major und N. palatinus majus möglichst vollständig zu erhalten. Dabei wurde zunächst am vermuteten Punkt des For. palatinus majus in die Tiefe präpariert und nach Auffinden des Gefäß-Nerven-Stranges dieser in Richtung For. incisivum verfolgt. Größere Hauptäste wurden in Richtung rostral weiter freigelegt.

2.3. Messmethoden

In diesem Kapitel werden alle zu Messungen eingesetzten Geräte sowie die dazugehörigen Verfahren beschrieben.

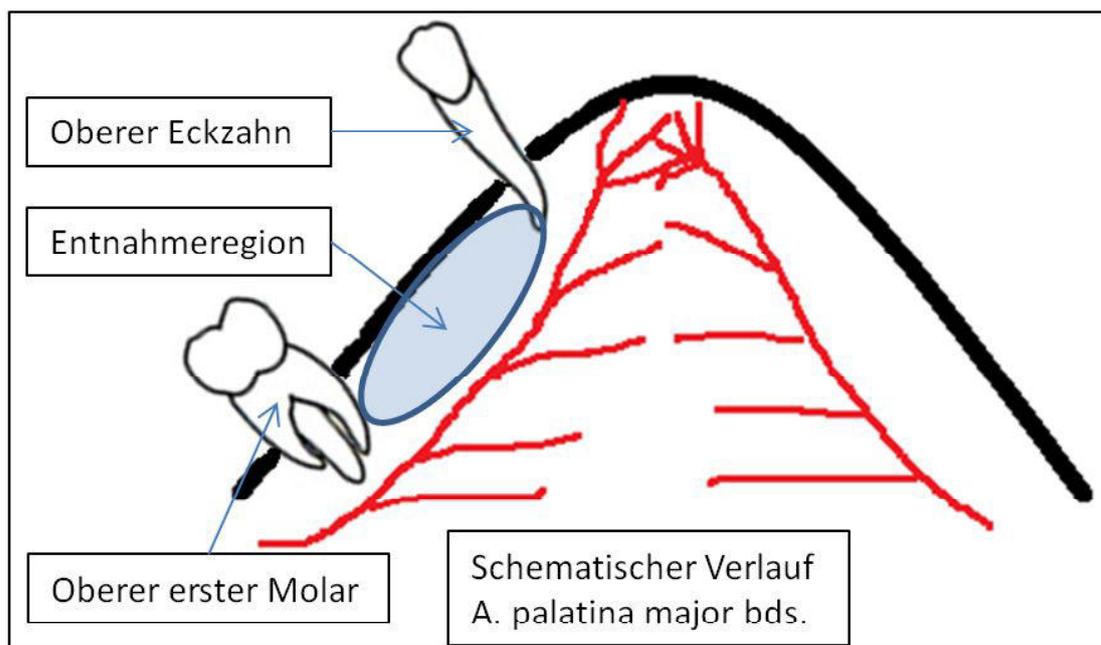


Abb. 12: Skizze der Entnahmeregion für Bindegewebstransplantate im Gaumen

Zur Messung der Entnahmeregion werden die Abstände des Alveolarkamms zum ersten Ast der A. palatina major gemessen. Einmal distal des oberen Eckzahnes und ein weiteres Mal mesial des oberen ersten Molars (

Abb. 12) an jedem Präparat (in Anlehnung an Monnet-Corti et al. 2006). Hierzu wurde eine digitale Reifenprofilmesslehre (Art. 1941, Fa. BGS technic Werkzeuge, Wermelskirchen, Deutschland) verwendet (Abb. 13).



Abb. 13: Anwendung der Messlehre an einem Präparat

Das Gerät ist CE⁴ zertifiziert und hat folgende technische Daten:

- Messbereich: 0 – 28 mm
- Auflösung: 0,01 mm
- Umgebungstemperatur: 0 – 40 °C

Da nicht alle vorliegenden Präparate bezahnt waren, mussten die Messpunkte anderweitig aufgefunden werden. Im Rahmen der Totalprothetik ergibt sich aus der Breite der Nasenbasis die Breite der vier oberen Schneidezähne (Fuhr und Reiber 1993). Als Orientierung für die Stellung der Eckzähne diente somit eine gedachte Linie vom Rand der Nasenbasis verlängert in Richtung Lippe und von dort auf den Alveolarkamm. Für die

fehlenden Zähne wurden die durchschnittlichen Zahnbreiten wie folgt der Literatur entnommen:

Tabelle 4: Maße für Zähne (Mühlreiter und Jonge-Cohen, Th. E. de 1928; Mühlreiter 1912)

| Zahn | Mesial-Distale Breite |
|---------------------|-----------------------|
| Caninus superior | 7,6 mm |
| Prämolar 1 superior | 6,8 mm |
| Prämolar 2 superior | 6,5 mm |
| Molar 1 superior | 10,1 mm |

Aus diesen Zahlen ergibt sich, bei völliger Zahnlosigkeit des Präparates ein erster Messpunkt 7,6 mm distal von dem Punkt aus, an dem die verlängerte Linie von der Nasenbasis aus auf den Alveolarkamm trifft. Der zweite Messpunkt liegt weitere 13,3 mm dahinter. Das Ergebnis der Messung ist in Kap. 3.2 dargestellt.

⁴ Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Hersteller, Inverkehrbringer oder EU-Bevollmächtigte gemäß EU-Verordnung 765/2008, dass das Produkt den geltenden Anforderungen genügt, die in den Harmonisierungsrechtsvorschriften der Gemeinschaft über ihre Anbringung festgelegt sind (COMM/ENTR/C1 2010)

2.4. Statistische Auswertung

Ziel der statistischen Auswertung war es fünf maßgebliche Messwerte zu ermitteln: Das Maximum, das Minimum, den Mittelwert, den Median sowie das obere und untere Quartil. Das untere Quartil beschreibt dabei den Wert, unterhalb dessen ein Viertel der Messwerte liegt. Das obere Quartil ist analog zu betrachten.

Die Auswertung erfolgte mit dem Programm Excel 2010. Hierzu wurden zunächst die Messwerte aus dem Kapitel 3.2. in Excel überführt. Excel bietet hierfür die Formel „Quartile“ die mit entsprechender tabellarischer Vorarbeit exakt die oben beschriebenen Ergebnisse liefert. Diese Ergebnisse wurden anschließend grafisch aufgearbeitet (Abb. 31 und Abb. 32 S.51).

2.5. Einfluss der Fixierungsmethode auf das Präparationsmaterials

Im folgenden Kapitel wird zunächst das Problem der Materialveränderung durch dessen Fixierung beschrieben. Anschließend folgt eine Beschreibung der dentalen Volumentomographie an sich, sowie des konkreten Gerätes, das für den Versuch zur Verfügung stand. Im abschließenden Teil wird der Versuchsaufbau selbst erläutert, mit dem mittels des DVTs der Einfluss der Fixierungsmethode auf die Beschaffenheit des Präparationsmaterials nachgewiesen werden soll.

2.5.1. Materialveränderung durch die Fixierung

In einer Untersuchung aus dem Jahr 2008 stellten Gedrange et al. fest, dass Knochen unter dem Einfluss verschiedener Fixantien Schrumpfungen aufweist. Die folgende Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 5: Ergebnis zum Schrumpfverhalten von Knochen (Gedrange 2008)

| | |
|----------|------|
| Formalin | 4 % |
| Glycerin | 8 % |
| Ethanol | 11 % |

Hierbei verwendeten sie folgende Methode: In die abgesetzten Unterkieferknochen von Hausschweinen wurden Implantate gesetzt und ein Ausgangs-OPG mit Prüfkörper angefertigt. Nach entsprechender Fixierung wurden weitere OPGs gemacht und der Abstand der Implantate, in Bezug auf den Prüfkörper, mit dem Ausgangsbild verglichen. Untersucht wurde der Einfluss der Fixantien Formalin, Glycerin und Ethanol auf knöchernes Material.

In veränderter Form wurde diese Methode für den Versuch in der Arbeit angewendet. Die konkreten Modifikationen zum Versuch von Gedrange et al. (2008) gibt die Tabelle 6 wieder:

Tabelle 6: Vergleich Versuchsaufbau Gedrange et al. (2008) vs. Knepper (Modifikationen sind unterstrichen)

| Versuchsteil | Gedrange et al. 2008 | Knepper et al. 2015 |
|--------------------------------------|---------------------------------|---|
| Material | Hausschwein - Unterkiefer | Wildschwein – Teile des Gaumen <u>Mensch – Teil eines Unterkiefers</u> |
| Untersucht wurde der Einfluss auf | Knochen | Knochen und <u>Weichgewebe</u> |
| Fixantien | Formalin Ethanol Glycerin | Formalin (PFA) Ethanol-Glycerin <u>Thiel</u> |
| Messgerät | OPG | <u>DVT</u> |

2.5.2. Versuchsaufbau

Da, wie eingangs erwähnt, frische unfixierte Präparate im Institut für Anatomie der Universität Leipzig nur selten verfügbar sind, stand für den Versuch nur ein Weichgewebs-Knochen-Präparat eines Unterkiefers zur Verfügung. Um zuvor den Versuchsaufbau zu testen, wurde eine Testreihe mit vier Präparaten aus dem Oberkiefer eines Wildschweins⁵ angefertigt.

Das Vorgehen zur Herstellung der Präparate zeigt Abb. 15 auf Seite 25. Das erste Bild zeigt den tiefgefrorenen Kopf des Wildschweins. Mit Hilfe einer Säge wurde ein

⁵ Das Wildschwein stammt aus dem Revier 01816 Bad Gottleuba-Berggießhübel, OT Hellendorf und wurde am 08.03.2014 geschossen, ausgenommen, gehäutet und sofort tiefgefroren. Die anschließende Präparation fand, ohne Unterbrechung der Kühlkette am 13.03.2014 statt.

Großteil des Oberkiefers entfernt (Abb. 15a). Darauf erfolgte die Ausmessung der vier späteren Teilstücke unter Zuhilfenahme einer Messlehre und eines Permanentmarkers (Abb. 15b). Die grundsätzliche Herausforderung bei der Vermessung eines weichgewebigen Präparats im Vergleich zu Knochen ist: 1. Es nicht in seiner Lage zu verändern und dadurch Verformungen zu verursachen. 2. Eine Möglichkeit zu schaffen, Veränderungen überhaupt messen zu können, da das Einbringen von z.B. Implantaten, wie im Versuch von Gedrange et al. (2008) verwendet, nicht möglich ist. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurden in dem Experiment die Präparate so entnommen, dass sie sowohl aus einem knöchernen als auch aus einem weichgewebigen Anteil bestanden.

Diese Variante entspricht zudem der Situation an den anatomischen Präparaten, die für die Arbeit zur Verfügung standen. An den zu präparierenden Gaumen befindet sich die Schleimhaut ebenfalls in Kontakt zum knöchernen Gaumen. Somit führt diese Vorgehensweise zu realistischeren Messergebnissen als der Versuch, ein losgelöstes Weichgewebspräparat in seiner Formveränderung zu erfassen.

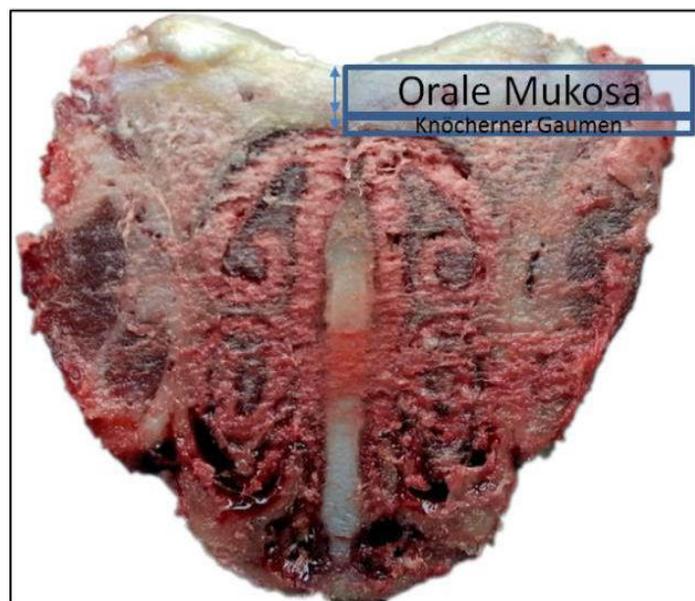


Abb. 14: Querschnitt durch Schweineoberkiefer

Die Präparate wurden auf 2 cm Breite und 1 cm Länge ausgemessen und umfassen sämtliche Schichten der oralen Mukosa (Abb. 14). Abb. 15c zeigt, dass zunächst der markierte Bereich als Ganzes vom Oberkiefer herausgelöst wurde. Hierzu waren ein Handstück (zahntechnisches Handstück, nicht im Bild) mit Trennscheibe, ein

Raspatorium und eine chirurgische Pinzette notwendig. Im Ergebnis sind die vier einzelnen Präparate zu sehen (Abb. 15d).

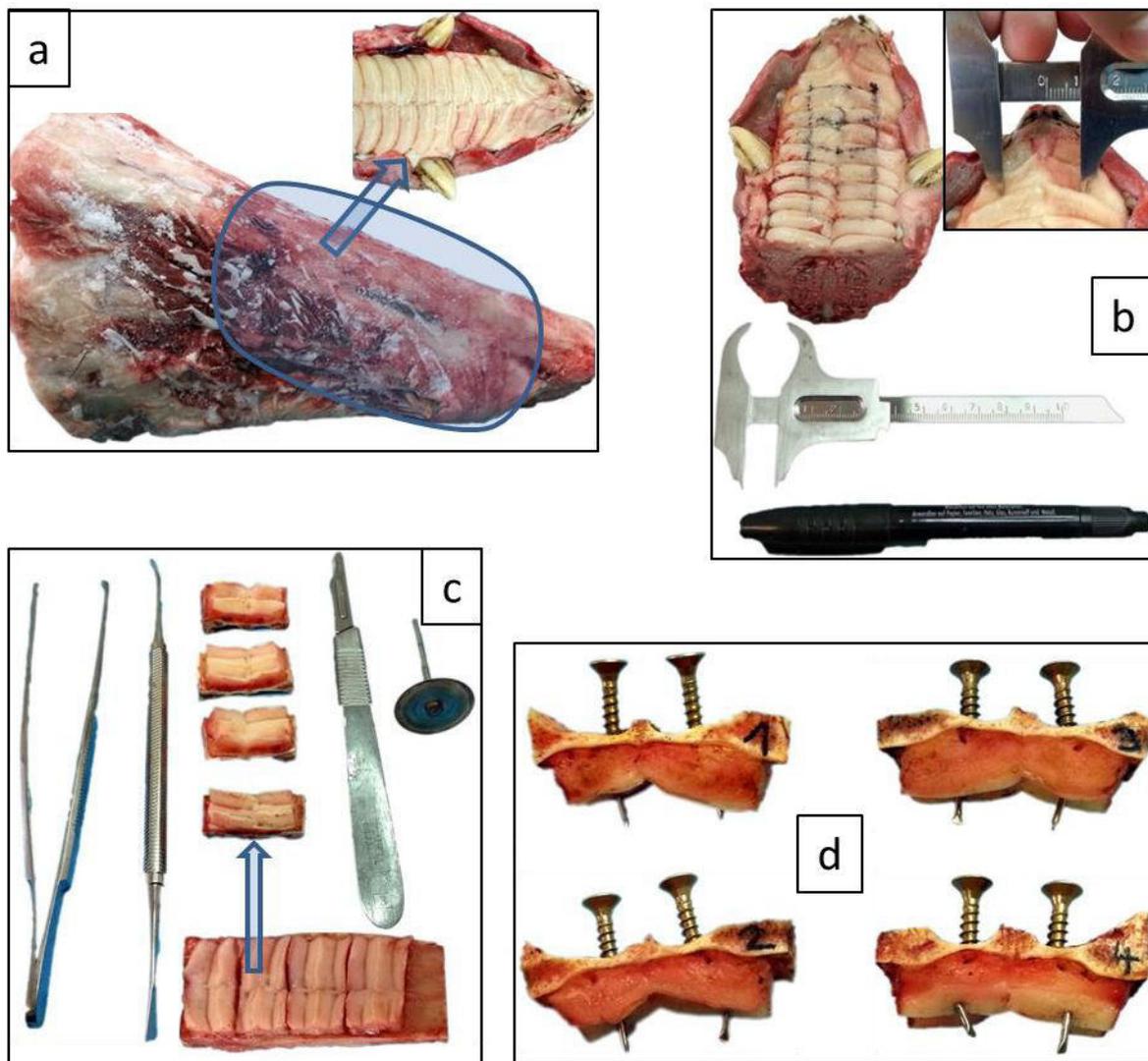


Abb. 15: Herstellung der Wildschweinpräparate

In den knöchernen Anteil des Präparats wurden Edelstahlschrauben (Spanplattenschrauben, Pozidrive Kopf 5 mm, chromatiert, 3,0x16 mm, HSI Hermann Schwerter, Langer Brauck 11, 58640 Iserloh, Deutschland) eingebracht. In das Weichgewebe wurden, bis auf Knochenkontakt, abgelängte Kanülenspitzen⁶ (Sopira Carpule 27G/0,4x38metric, Heraeus Kulzer GmbH, Grüner Weg 11, 63450 Hanau, Deutschland) versenkt. Vor Beginn der Fixierung wurde von jedem Präparat nach Einbringen der Schrauben und Kanülen ein Ausgangs-DVT angefertigt. Im Anschluss wurden nach 16 Tagen und 141 Tagen zwei weitere DVTs von jedem Präparat erstellt (organisationsbedingt ergaben sich diese unrunderen Zeitabstände).

⁶ Diese werden später im Text – ihrer Funktion entsprechend - als Messnadeln bezeichnet

Tabelle 7 zeigt, welches Präparat in welcher Weise fixiert wurde.

Tabelle 7: Fixierung der Wildschweinpräparate

| Präparat | Fixierung |
|----------|--------------------------------|
| Nr. 1 | Ethanol-Glycerin |
| Nr. 2 | Thiel |
| Nr. 3 | PFA |
| Nr. 4 | Tiefgefroren – nativer Zustand |

Das Präparat Nr. 4 wurde bewusst unfixiert belassen und weiterhin tiefgefroren, um auch nach den genannten Zeitabständen einen Vergleich zum Ausgangszustand herstellen zu können.

Eine Formveränderung des Präparates durch die jeweilige Fixierlösung kann als Verschiebung der im Weichgewebe befindlichen Messnadeln zueinander, gegenüber dem vorhergehenden Zustand, gemessen werden.



Abb. 16: Lagerung der Präparate in ihren Lösungen

Um Lagerungseinflüsse auf die leicht beweglichen Kanülenenden auszuschließen, wurden die Präparate auf den stabil im Knochen verankerten Schrauben gelagert. Um außerdem den Einfluss der Schwerkraft der Lösung auf die Präparate so gering wie

möglich zu halten, wurden diese in einem kleinen Gefäß nur ca. 3 cm mit Lösung überdeckt (Abb. 16). Die Ergebnisse des Versuchs sind in Kap. 3.3 auf Seite 52 beschrieben.

Nach Beginn des Versuchs mit den Wildschweinpräparaten und dem ersten Folge-DVT 16 Tage später wurde der gleiche Versuch mit dem eingangs erwähnten humanen Präparat durchgeführt. Zur Verfügung stand ein tiefgefrorener, exartikulierter Unterkiefer eines kürzlich verstorbenen 63 jährigen, männlichen Körperspenders. Als Fixierung wurde die im Institut für Anatomie am häufigsten angewandte gewählt – Ethanol-Glycerin. Die Herstellung des Präparates zeigt die folgende Abb. 17. Die Lagerung erfolgte analog zu den Wildschweinepräparaten.

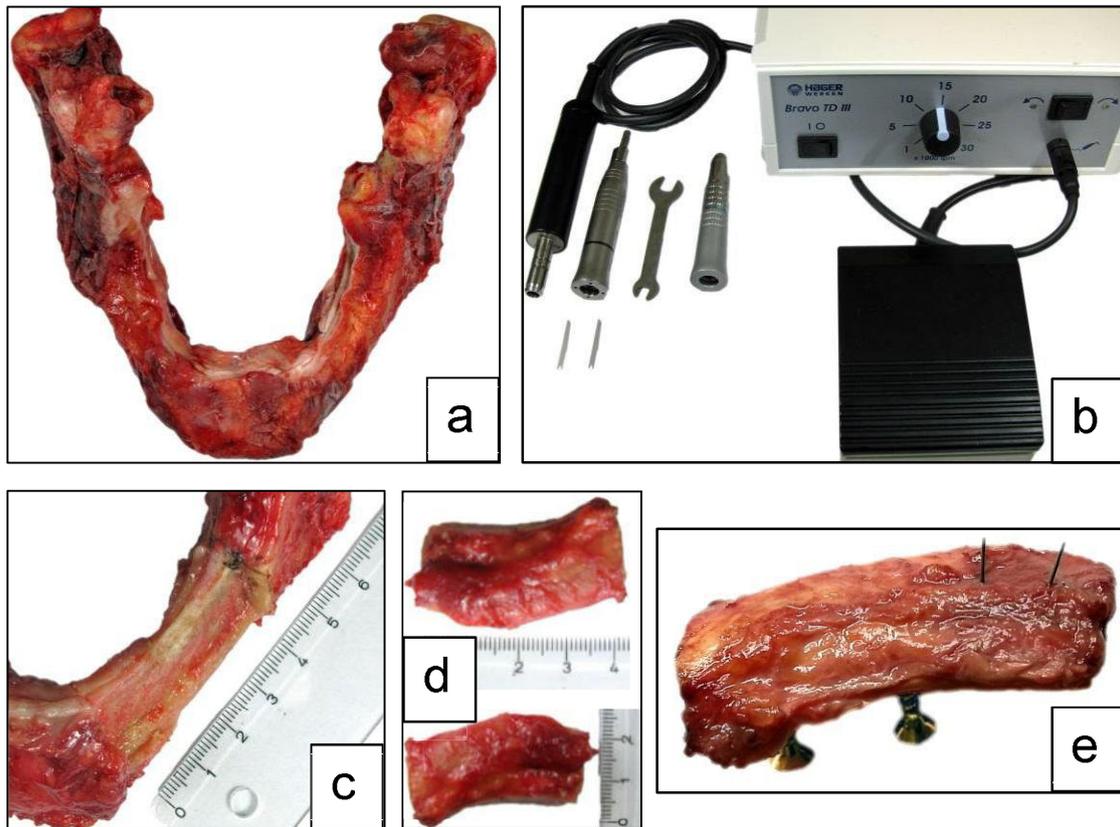


Abb. 17: Herstellung des humanen Präparates

Abb. 17a zeigt den Ausgangszustand des exartikulierten Unterkiefers. Der für die Heraustrennung des benötigten Teilbereichs verwendete Chirurgiemotor, die Handstücke und Minisägen sind in Abb. 17b dargestellt. Der Zustand des Unterkiefers nach Entnahme ist auf Abb. 17c zu erkennen. Größe und Beschaffenheit des humanen Präparates nach Entnahme zeigt Abb. 17d. Das nach dem gleichen Schema wie die Wildschweinpräparate hergestellte Endergebnis ist in Abb. 17e dargestellt.

Die Ergebnisse dieses Versuchs finden sich ebenfalls in Kap. 3.3 auf Seite 52.

2.5.3. Dentale Volumentomografie

An dieser Stelle erfolgen eine kurze Beschreibung der Funktionsweise der dentalen Volumentomografie sowie eine Erläuterung, weshalb diese für den Versuch als geeignet gelten darf.

Bei der DVT handelt es sich um eine digitale Aufnahmetechnik, bei der ein dreidimensionales Strahlenbündel und ein Flächendetektor verwendet werden. Auf einer zirkulären Bahn wird eine große Anzahl von Projektionsaufnahmen erzeugt, aus welcher unmittelbar ein 3D Volumen des zu untersuchenden Körperteils berechnet wird. Im Gegensatz zum zweidimensionalen Röntgen, wo die Information in Strahlengangsrichtung stark reduziert wird, ermöglicht das dreidimensionale Röntgen die Darstellung der abgebildeten anatomischen Strukturen in allen Raumrichtungen – ohne Dimensionsverlust. Dies führt zu einem erhöhten Informationsgehalt dreidimensionaler Aufnahmen (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 2009). Quantitative Auswertung von DVTs, die Kiefergelenke abbilden – für den Bereich der Funktionsdiagnostik – zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit Messungen an makroskopisch-anatomischen Präparaten (Hilgers et al. 2005; Honda et al. 2004). Im Rahmen der Implantologie findet die DVT seit längerer Zeit Anwendung, vor allem im Bereich der Planung. Hierbei ist die Evaluation vorhandenen Knochens als Implantatlager entscheidend. Lineare metrische Messungen sollten daher möglichst exakt sein. In-Vitro Studien zeigen hierbei eine relative Fehlerquote zwischen 3 % und 8 % (Suomalainen et al. 2008; Veyre-Goulet et al. 2008).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die DVT geeignet ist, filigrane Strukturen dimensionsgetreu darzustellen und zwar bei einer überschaubaren relativen Fehlerquote. Daher wurde sie als Mittel der Wahl für den Versuchsaufbau dem OPG vorgezogen.

2.5.4. Verwendeter Dentaler Volumentomograph

Im Folgenden werden die Daten des verwendeten Dentalen Volumentomographen zusammengefasst. Alle Angaben beziehen sich auf die Bedienungsanleitung mit Stand 24.02.2012 (J. Morita Europe GmbH 2012).

Tabelle 8: Angaben zu Dentalem Volumentomographen (J. Morita Europe GmbH 2012)



| | |
|-------------------------|--|
| Hersteller | J. Morita Europe GmbH Justus-von-Liebig-Straße 27a 63128 Dietzenbach Deutschland |
| Produktname | Veraviewepocs 3df R100/f40 Model X550 Typ EX-1/EX-2 |
| Produktbeschreibung | Dental-Panoramarröntgengerät mit Hochfrequenz-Schaltstromröntgengenerator, dreidimensionale, computergestützte Tomographie möglich, bei der ein konischer Röntgenstrahl auf einen Flatpanel-Detektor projiziert wird |
| Zweckbestimmung | Das X550 dient der radiografischen Untersuchung und Diagnostik über den gesamten dentomaxillofazialen Bereich, z.B. Zähne, periodontalem Gewebe, Knochen |
| Patientenpositionierung | Autofokus mit Lichtschranken für die Entfernungsmessung und einem elektrisch betriebenen Positionierungssystem |
| Auflösung | 0,01 mm (d.h. bei der zuvor beschriebenen Präparatlänge von 2 cm in eine relative Veränderung von 0,05 % messbar) |

2.5.5. DVT-Auswertungssoftware und Messmethode

Für die Auswertung der DVTs stand die vom Hersteller mitgelieferte Software One Volume Viewer zur Verfügung. Dessen Benutzeroberfläche zeigt Abb. 18. Die Software ermöglicht es, die Präparate in allen drei Ebenen separat zu betrachten.

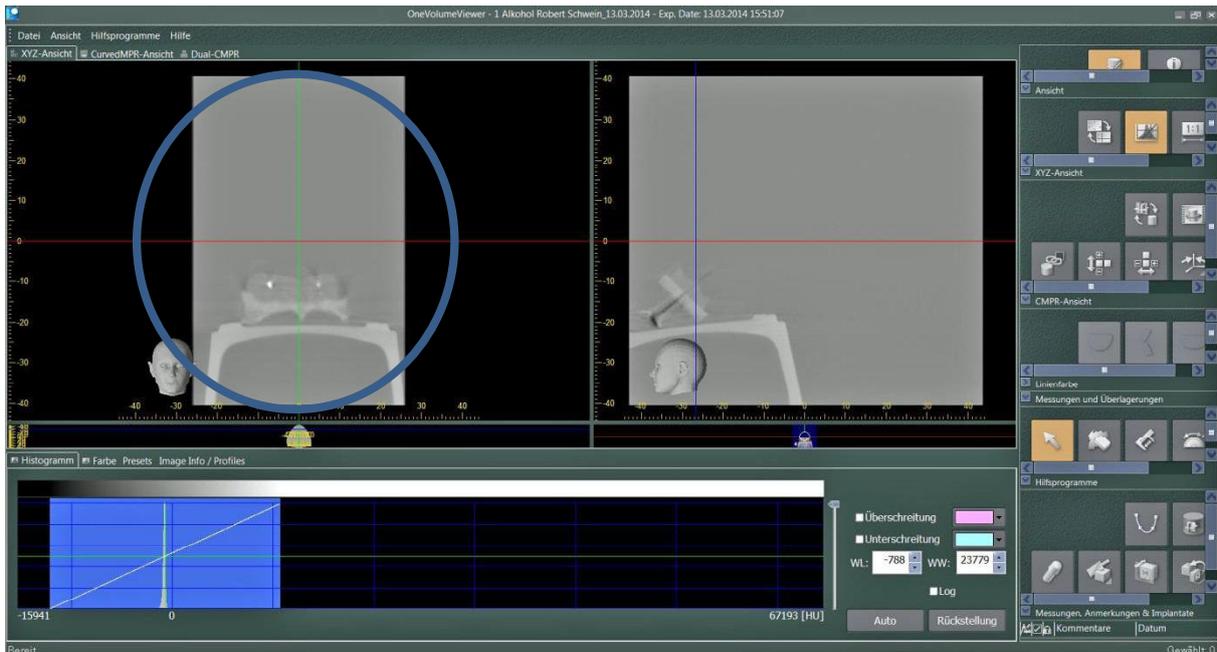


Abb. 18: Benutzeroberfläche One Volume Viewer

Um die einzelnen Messungen der Präparate exakt gleich zu gestalten, wurde die erste Schnittebene aufgesucht, in welcher sich beide, ins Weichgewebe eingesteckte, Messnadeln darstellen (vom Knochen aus betrachtet). Nachdem die entsprechende Einstellung gefunden ist, wird das Bild (blaue Markierung Abb. 18) auf 200 % vergrößert und mittels eines Messwerkzeugs die Strecke zwischen der Außenkante der linken Nadel und der Außenkante der rechten Nadel gemessen (Abb. 19).

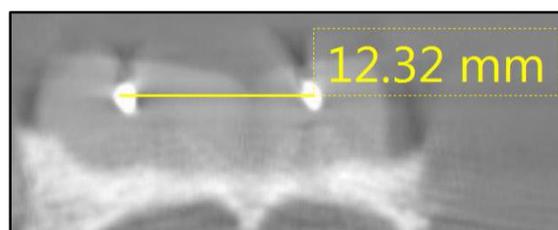


Abb. 19: Vergrößerter Bildausschnitt mit Messung

Daraus ergibt sich der Messwert für das Weichgewebe. Mit dem Abstand der Schrauben im Knochen wird analog verfahren, um den Messwert für den Knochen zu erhalten.

Aufgrund der Lagerung auf den Schraubenköpfen und der stets gleichen Positionierung der Präparate im DVT mit Hilfe von Lichtschranken (Abb. 20) vor der Aufnahme ist diese Schnittebene reproduzierbar.



Abb. 20: Lagerung des Präparats zur DVT Aufnahme

Die Gegenüberstellung der Daten aus den drei DVTs, die für jedes Präparat angefertigt wurden, zeigt dann die Veränderung der Messnadeln zueinander über den Betrachtungszeitraum. Bewegen sie sich aufeinander zu, so schrumpft das Gewebe, bzw. der Knochen. Vergrößert sich ihr Abstand, so liegt eine Quellung vor.

2.6. Fotografische Dokumentation und Nachbearbeitung

In diesem Kapitel erfolgt eine ausführliche Beschreibung der für die fotografische Dokumentation verwendeten Hard- und Software. Es schließt sich eine Übersicht über theoretische Grundlagen der Fotografie an, wobei insbesondere auf die Herausforderungen bei der Fotografie anatomischer Präparate eingegangen wird. Im letzten Abschnitt wird erläutert, wie die Fotos sortiert, archiviert und nachbearbeitet wurden, um den Ansprüchen einer wissenschaftlichen Arbeit gerecht zu werden.

2.6.1. Verwendete Hardware

Im folgenden Kapitel werden alle für die Fotodokumentation verwendeten Geräte erläutert.



Abb. 21: Aufbau Fotodokumentationsarbeitsplatz

Kamera: Canon Power Shot SX 110 IS, 9 Megapixel, 10x optischer Zoom, ISO-Werte von 80 - 1600, Blendweiten von 1,6 – 6,0. Firma: Canon Deutschland GmbH, Krefeld, Deutschland. (Kosten ca. 130 €)

Laptop: ASUS G74S mit Windows7 64Bit und 17 Zoll Monitor. Der Laptop ermöglicht zwei wesentliche Dinge: 1. das berührungsfreie Bedienen der Kamera und 2. die sofortige Qualitätskontrolle der Bilder auf einem großen Bildschirm. Die kleinen Bildschirme heutiger Digitalkameras reichen nicht aus, um eine sofortige Aussage über die Qualität zu treffen. Oftmals ist erst zu Hause am PC das Ergebnis sichtbar.

Diese Fehlerquelle wird hiermit ausgeschaltet. Firma: ASUSTeK COMPUTER INC., Taipei, Taiwan (Kosten eines 17 Zoll Laptops ca. 400 - 500 €).

Fototisch: Eigenbau. Sperrholzplatte (Länge 38 cm, Breite 32 cm) auf rutschfesten Gummipöppeln - ermöglicht das genaue Platzieren des Präparates unter dem Fotostativ, dem er außerdem als Haltepunkt dient (Kosten ca. 20 €).

Stativ: Eigenbau. Aluminiumgestänge mit Messlehre an Vorderseite zur Wiederherstellbarkeit von verwendeten Aufnahmeabständen (von min. 10 cm bis max. 56 cm). Daran befestigt ist ein höhenverstellbarer Schieber, an dem o.g. Kamera aufgeschraubt werden kann. Der Abstand von Stativ selbst und die Höhenverstellbarkeit ermöglichen bei jedem Präparat einen optimalen Kamerawinkel direkt von oben (Kosten ca. 40 €).

Lampen: Somikon Stativ-Fotolampen. Höhen- (39 – 53 cm) und neigungsverstellbar, E27 Fassung. Tageslichtleuchten der Firma SILI Modell SuperMiniSpiral T2 mit 230V, 11W und einer Farbtemperatur von 5500 Grad Kelvin jeweils mit separatem Stromanschluss. Ihre Funktion wird im nächsten Kapitel ausgiebig erläutert. Firma: PEARL.GmbH, Buggingen, Deutschland (Kosten ca. 90 €).

2.6.2. Verwendete Software

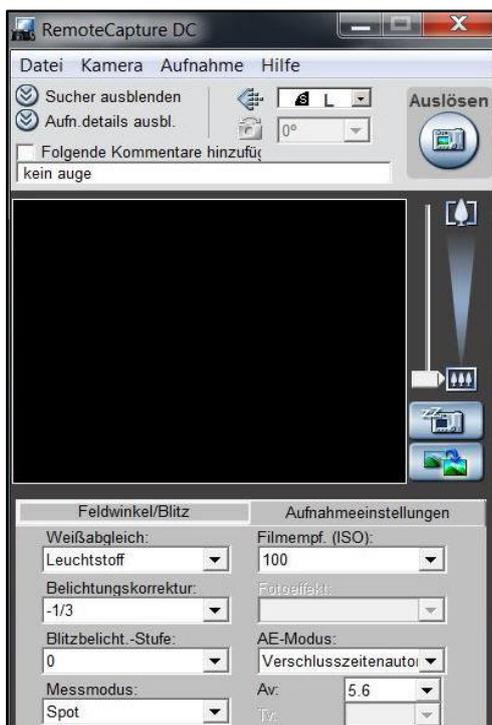


Abb. 22.: Bedienoberfläche Remote Capture DC

Im folgenden Kapitel werden alle für die Fotodokumentation verwendeten Programme beschrieben.

Remote Capture DC (Abb. 7): Schnittstellensoftware zwischen Kamera und Laptop zur Steuerung aller Kamerafunktionen über den Laptop. Ermöglicht vollständig berührungsfreies Einstellen und Auslösen der Kamera. Das Programm ist kostenlos erhältlich. Firma: Canon Deutschland GmbH, Krefeld, Deutschland.

ACDSee8 (Abb. 23): Bildbetrachtungs- und Katalogisierungssoftware. Während der Aufnahmen ermöglicht das Programm die sofortige Betrachtung der Bilder auf dem 17 Zoll Monitor, es kann innerhalb von Sekunden das Bild gedreht und gezoomt werden, um die Qualität der Tiefenschärfe und des Kontrasts besser beurteilen zu können. Firma: ACD Systems, Seattle, United States of America. (Kosten ca. 50 €)



Abb. 23: Bedienoberfläche ACDSee 8

Adobe Photoshop Elements 9 (Abb. 24): Bildnachbearbeitungssoftware, im Wesentlichen zur Feinjustierung der Helligkeit und des Kontrasts, sowie des Austauschs des Hintergrunds auf ein einheitliches Niveau für alle Bilder, die in den späteren Bildtafeln verwendet wurden. Zudem lassen sich in dem Programm die Bilder zuschneiden und in verschiedenen Qualitäten abspeichern, was zu einer vereinfachten Handhabung der Datenmengen führt. Firma: Adobe Systems GmbH, München, Deutschland. (Kosten ca. 55 €)

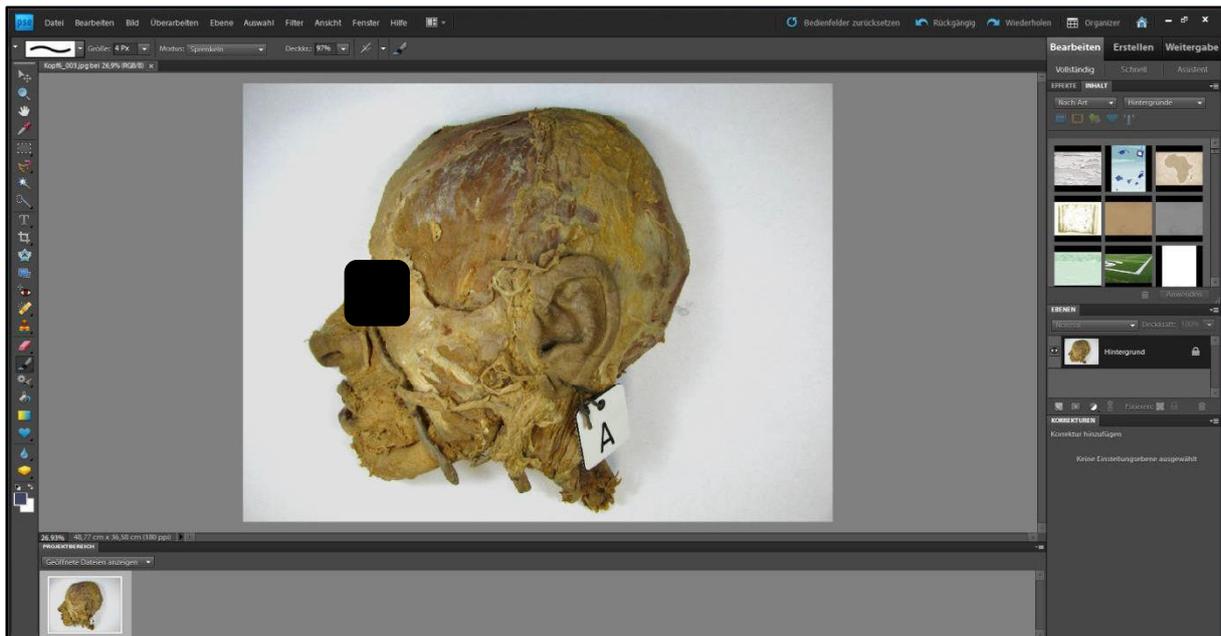


Abb. 24: Bedienoberfläche Adobe Photoshop Elements 9

2.6.3. Theoretische Grundlagen

In diesem Teil werden die wesentlichen Grundlagen, die für eine wissenschaftliche ansprechender Objektfotografie benötigt werden, erläutert. Dazu bedarf es zunächst einiger Definitionen von Begriffen, die im weiteren Verlauf verwendet werden.

ISO-Empfindlichkeit: Die ISO Einteilung gibt die Lichtempfindlichkeit des verwendeten Films bzw. Speichermediums an. Je niedriger der ISO Wert, desto mehr Bildinformationen werden auf den Film gespeichert. Die Einstellungsmöglichkeiten reichen von 80-1600. Verwendetet wurde ISO 100, um dem sogenannten Bildrauschen entgegenzuwirken. Das Bildrauschen beschreibt ein Phänomen in der Fotografie, das mit zunehmender Lichtempfindlichkeit des Films verstärkt auftritt. Bei diesem Rauschen, handelt es sich um eine Verschlechterung des endgültigen Bildmaterials durch die Verstärkung von für das Bild irrelevanten Informationen. Diese Verschlechterung erscheint als grobe Körnung im endgültigen Bild (Zierl 2007).

Belichtungszeit: Die Belichtungszeit beschreibt die Zeit, in der das lichtsensible Medium einer Kamera zur Bildaufnahme mit Licht in Kontakt kommt. Zusammen mit der Blendenöffnung bestimmt die Belichtungszeit die Lichtmenge, die auf den Sensor aufkommt. Bei eingestellter Empfindlichkeit (ISO 100) führt nur die richtige

Belichtungsdauer zu genügend ausgeleuchteten Bildern. Bei dieser Einstellung ist zu beachten, dass bei ungenügender Belichtungszeit die Bilder als unterbelichtet (zu dunkel) erscheinen, bei zu langer Belichtungszeit aber neben Überbelichtung auch Unschärfe entstehen kann. Schafft man, wie später beschrieben, konstant gute Lichtverhältnisse, muss diese Einstellung nicht bei jedem Präparat neu justiert werden (Zierl 2007).

Blendenöffnungsweite: Die Blende steuert die Stärke der Beleuchtung des Bildsensors. Je größer die Blendenzahl ist, desto weniger Licht kann durch das Objektiv dringen. So wird zusammen mit der Belichtungsdauer die Belichtung des Sensors geregelt. Weiterhin beeinflusst die Blende die Tiefenschärfe (Zierl 2007).

Tiefenschärfe: Mit größerer Blendenzahl und daraus resultierender kleinerer Blendenöffnung wird nicht nur die eintreffende Lichtmenge verringert, sondern auch die Unschärfekreise werden durch den spitzeren Lichtkegel kleiner. Folglich vergrößert sich der Bereich des Motivs, der noch als scharf wahrgenommen wird. Der Bereich der scharfen Abbildung (Schärfentiefe) nimmt beim Schließen der Blende also zu. Zusammenfassend gilt: Je größer die verwendete Blende ist, desto größer ist die Tiefenschärfe und desto kleiner die Blendenöffnung. Es empfiehlt sich eine Blendeneinstellung, die genügend Licht hindurch lässt, um die Belichtungszeit nicht zu sehr zu verlängern, und trotzdem eine ausreichende Tiefenschärfe bietet (Zierl 2007). Für die meisten Aufnahmen wurde daher eine Blende 5,6 verwendet.

Nachdem wesentliche Begriffe geklärt wurden, wird nachfolgend auf die Probleme eingegangen, die bei der Objektfotografie von anatomischen Präparaten zu lösen sind.

Licht und Ausleuchtung: Das wichtigste für ein gutes Foto ist das zur Verfügung stehende Licht. Dieses wird in °K gemessen. Die Arbeitsräume des Instituts für Anatomie Leipzig werden hauptsächlich von Leuchtstoffröhren ausgeleuchtet, die etwa eine Farbtemperatur von 2.600 °K aufweisen. Die durchschnittliche Temperatur von Tageslicht beträgt etwa 6000 °K. Die normale Beleuchtung der Räume ist also nicht ausreichend, denn je geringer die Farbtemperatur des umgebenden Lichts desto größer sind die rot-gelb Anteile und desto kleiner ist der blaue Anteil (Zierl 2007). Da anatomische Präparate per se einen sehr einheitlichen Farbton haben, der schon ins gelbliche geht, ist eine natürliche Ausleuchtung umso entscheidender für

ein gutes Foto. Um ein Präparat so natürlich wie möglich abzubilden, werden demnach separate Leuchten benötigt. Verwendet wurden hierzu Hallogenstrahler mit einer Farbtemperatur von 5500 °K, was Tageslicht sehr nahe kommt. Das Ergebnis ist im Kap. 3.4 in Abb. 37 dargestellt.

Wie bereits erwähnt, ist die sehr ähnliche Farbe aller Strukturen ein Problem anatomischer Präparate. Um hier Unterschiede herauszuarbeiten, benötigt man einen höheren Kontrast. Dieser wiederum kann nur durch mehr Licht und dessen gezielten Einsatz erzeugt werden. Dies ist ein weiterer Vorteil von zusätzlicher Beleuchtung: die Möglichkeit, gezielt wichtige Bereiche stärker zu belichten, um dort mehr Kontrast zu erzeugen. Was mit gerichteter Beleuchtung erreicht werden kann, zeigt in Kap. 3.4 Abb. 38.

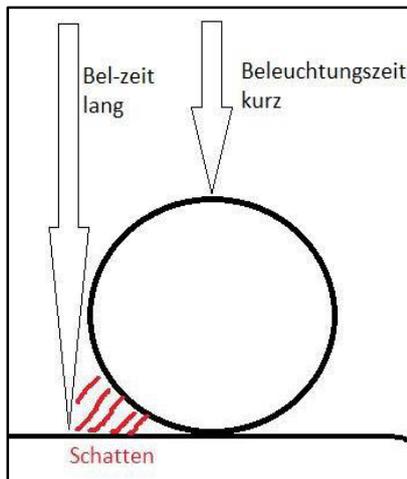


Abb. 25: Darstellung
Beleuchtungszeiten und
Schattenentstehung

Ein weiteres Problem der Fotografie der Präparate für diese Arbeit war ihre kugelige oder halbkugelige Form. Das Licht erreicht Stellen des Präparates, die näher am Objektiv liegen, schneller als jene, die weiter entfernt liegen. Und es gibt Bereiche, die nur wenig oder gar kein Licht erhalten. Hier entsteht Schatten. Die Abb. 25 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Die Problematik ergibt sich aus der oben erwähnten Tiefenschärfe. Um eine möglichst hohe Tiefenschärfe zu erzielen, um also den nahen und den entfernten Teil des Präparats gleichermaßen gut abzubilden, ist

eine kleine Blende mit einer kurzen Brennweite empfehlenswert. Im Ergebnis sehen alle Bereiche etwa gleich scharf aus. Möchte man hingegen ganz bewusst den Fokus auf eine bestimmte Stelle des Präparates richten, sollte eine größere Blende verwendet werden.

Detailfotografie: Da das Präparat auf dem Objektisch verschoben werden kann, war es immer möglich, den wesentlichen Teil des Präparates in die Bildmitte zu rücken. Somit konnte stets mit dem Autofokus gearbeitet werden. Dieser stellt gezielt den Bildmittelpunkt als schärfstes Areal dar. Will man diesen Effekt noch verbessern, muss man zunächst das Objektiv auf den Modus „Makro“ umstellen. Weiterhin kann man den Messbereich von dem Modus „Fläche“ auf „Spot“ verändern, womit die

Belichtung nur noch in der Bildmitte ausschlaggebend für die Fokussierung ist. Weitere Detailschärfe bringt nun die Umstellung auf eine höhere Blende (z.B. 8) und unter Umständen die Reduzierung des ISO-Wertes auf 80.

2.6.4. Durchführung

Das Präparat wurde so positioniert, dass der wesentliche Bereich exakt in der Bildmitte ist. Die Kamera sollte sich hierbei nicht im Zoommodus befinden. Besser ist es, für eine Detailaufnahme die Kamera selbst näher an das Präparat zu bringen. Stimmt diese Grundeinstellung, können die beiden Lampen in Position, Höhe und Neigung so eingestellt werden, dass der gewünschte Bereich zunächst gleichmäßig ausgeleuchtet ist. Folgende Grundeinstellungen werden im Programm Remote Capture DC vorgenommen

a) Für Übersichtsaufnahmen :

- Autofokus ein und entsperren
- Messmodus auf „Fläche“
- AE-Modus ⁷ auf Verschlusszeitenautomatik mit einer Blende von mindestens 5,6
- Weißabgleich i.d.R. auf „Leuchtstoffröhre“
- ISO 100

b) Für Detailaufnahmen:

- Autofokus ein und unter Umständen bei guter Einstellung, die nicht mehr verändert werden soll „sperren“
- Messmodus auf „Spot“
- AE-Modus Verschlusszeitenautomatik mit einer Blende von mindestens 8
- Weißabgleich i.d.R. „Leuchtstoffröhre“
- ISO unter Umständen auf 80

⁷ Auto Exposure = Belichtungsautomatik, wird auch Programmautomatik genannt. Macht alle zur Belichtung nötigen Einstellungen selber, lässt gegenüber der Vollautomatik aber noch einige Verstellmöglichkeiten zu (Auto Exposure Erklärung | Foto ABC)

Mit dieser Grundeinstellung werden einige Probefotos erstellt, die man im parallel geöffneten ACDSee8 sofort betrachtet und hinsichtlich der Tiefenschärfe und Ausleuchtung beurteilt. Die Tiefenschärfe kann man am besten durch Zoomen des Bildes auf eine sehr filigrane Struktur überprüfen. In diesem Fall z.B. die Nasenhaare. Erkennt man bei 4facher Vergrößerung noch jedes einzelne einwandfrei, sind die Einstellungen gut und können weiter verwendet werden. Zur Belichtungsbeurteilung sollte das Tonwerthistogramm des Bilds angesehen werden. Fehlen wesentliche Anteile im blauen Bereich, sollte die Beleuchtung verändert werden. Sind die Ergebnisse zufriedenstellend, können die eigentlichen Aufnahmen beginnen. Dabei erweist sich das Arbeiten zu zweit als vorteilhaft. Gute kontrastreiche Fotos ergeben sich oft in vielen Versuchen unterschiedlicher Beleuchtung. Es ist günstig, wenn ein Helfer sich um die stetige Veränderung der Beleuchtung kümmert, indem er eine oder beide Lampen in die Hände nimmt und in verschiedenen Winkeln neu positioniert, während der Fotograf die Wirkung auf dem Bildschirm verfolgt und sagen kann, wann ein gutes Motiv entsteht und die Kamera auslöst. In Kap. 3.4 zeigt Abb. 39 eine solche Beleuchtungsserie.

2.6.5. Nachbearbeitung der Bilder

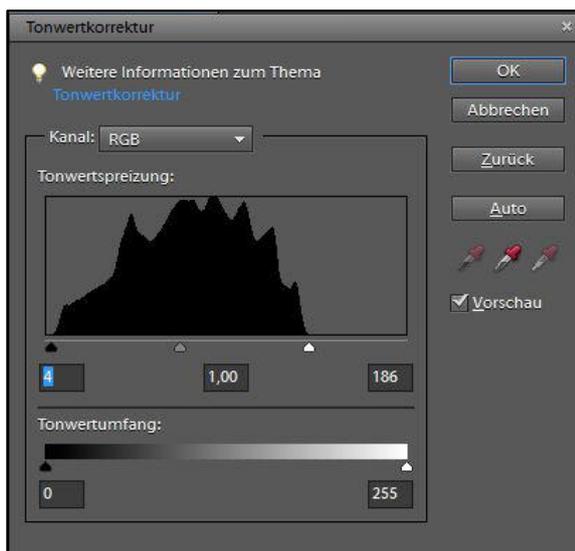


Abb. 26: Tonwerthistogramm Adobe Photoshop Elements 9

Die Bildnachbearbeitung im Programm Adobe Photoshop Elements 9 startet immer mit einer Überprüfung des Tonwerthistogramms eines Bildes. Darin ist ersichtlich, wie gut es ausgeleuchtet worden ist und welchen Umfang der Tonwerte⁸ es beinhaltet. Sind zu wenige Informationen über besonders dunkle oder helle Bereiche enthalten, lässt sich das Histogramm per Schieberegler so justieren, dass die im Bild vorhandenen Informationen den neuen Tonwertumfang

wiederspiegeln und die Beleuchtung natürlicher wirkt. In einem zweiten Schritt wird

⁸ bezieht sich auf die unterschiedlichen Stufen zwischen Hell und Dunkel eines Farb- oder Schwarzweiß-Bildes (Handbuch der Printmedien 2000)

das Bild gedreht (wenn erforderlich) und auf die wesentliche Größe zurecht geschnitten, um unnötige Randinformationen zu entfernen und somit die Dateigröße aber auch die eigentliche Darstellung auf das Wesentliche zu beschränken. Anschließend werden die verbliebenen Hintergrundbereiche erfasst und mit einer einheitlichen Farbe (in der Arbeit hauptsächlich Weiß) versehen. Feinkorrekturen bei der Helligkeits- und Kontrasteinstellungen runden die Bearbeitung ab (Klaßen 2011). Die vollständige Nachbearbeitung eines Bildes beschreibt die Abb. 40 aus S. 58.

Das fertige Bild wird stets als Kopie des Originals gespeichert, um nachvollziehen zu können wie es bearbeitet wurde. Dabei wird das JPEG⁹-Format genutzt, bei einer ausgewogenen Einstellung von Qualität und Komprimierung. Somit behalten die fertigen Dateien eine durchschnittliche Größe von etwa 1,5 MB mit der Option, sie weiter zu komprimieren, falls für das Einfügen in die Arbeit oder zum Versenden per Email erforderlich. Gleichzeitig können aus der Rohdatei auch höher auflösende Versionen (z.B. für Poster, Präsentationen) hergestellt werden.

Bei der vorhandenen Anzahl an Präparaten und somit zahlreichen Fotos von jedem einzelnen, droht die Gefahr, den Überblick über die Dateien zu verlieren. Hier kommt die Bildkatalogisierungssoftware ACDSee⁸ (Fa. ACD Systems, Seattle, United States of America) zum Einsatz. Sie erfasst zunächst alle Bilder, die sich auf einem Computer befinden, egal in welchem Ordner man sie abgespeichert hat. Das erspart die Suche in vielen Unterordnern. Ein weiterer großer Vorteil des Programms ist die Möglichkeit, Bilder zu bewerten und zu kommentieren. In einer Bewertungsskala von 5 Stufen ist es möglich dem Bild Noten geben. Später lassen sich per Filter z.B. nur die Bilder mit einer Note 1 heraussuchen. Außerdem werden zu jedem Bild die Aufnahmedetails gespeichert, wie z.B. ISO-Einstellung, Blende, Belichtung etc. So lassen sich die Einstellungen eines besonders gut gelungen Bildes reproduzieren.

⁹ ist die gebräuchliche Bezeichnung für die 1992 vorgestellte Norm ISO/IEC 10918-1 bzw. CCITT Recommendation T.81, die verschiedene Methoden der Bildkompression beschreibt. Die Bezeichnung „JPEG“ geht auf das Gremium Joint Photographic Experts Group zurück, das die JPEG-Norm entwickelt hat (JPEG - 2014).

3. Ergebnisse

In diesem Teil der Arbeit wird das Ergebnis der fotografischen Dokumentation in Form von großen Abbildungen ¹⁰ mit der klinischen Situation zusammengebracht (alle klinischen Bilder in diesem Kapitel stammen von Dr. med. Thomas Barth, BAG Dres. Barth, Ulrici, Höfner und Kollegen, Leipzig). Im zweiten Abschnitt finden sich die Messergebnisse zur Lage und Ausdehnung der Entnahmeregion im seitlichen Gaumen. Der dritte Teil dieses Kapitels fasst die Ergebnisse der Versuchsreihe zum Einfluss der angewendeten Fixierungsmethode auf die Beschaffenheit des Präparationsmaterials zusammen. Zum Abschluss werden die Ergebnisse der Umsetzung der fotografischen Hinweise aus Kap. 2.6 dargestellt, sowie das Resultat des HDR-Versuchs.

¹⁰ Um ihre besondere Zusammenstellung und Bedeutung für die Arbeit hervorzuheben, sind diese Abbildungen zusätzlich als „**Bildtafeln**“ bezeichnet.

3.1. Vergleich zwischen klinischer Situation und anatomischem Präparat

Beschreibung der Bildtafel 1 (Abb. 27):

Abb. 27a zeigt die Erstinzision für einen sogenannten Full-Flap - ein vollschichtiges freies Schleimhauttransplantat – welcher in eine Alveole im Frontzahnbereich eingenäht werden kann, um dort die ortsständige mastikatorische Mukosa zu verbessern und für ein ästhetisch besseres Ergebnis zu sorgen. Abb. 27b zeigt die Entnahme des Transplantats aus seinem Transplantatbett und Abb. 27c das anschließende Vernähen der Entnahmeregion. In diesem Fall wurde, auf Grund der überschaubaren Größe des Transplantats, auf eine Verbandplatte verzichtet. Abb. 27d zeigt eine Übersichtsaufnahme eines humanen, geteilten Kopfpräparates mit Blick von caudal nach cranial. Im vorderen Drittel erkennt man den bereits präparierten Gaumen. Abb. 27e stellt im Detail den Verlauf der A. palatina major des Präparates aus Abb. 27d dar. Das Gefäß weist hier eine frühe zahlreiche Aufzweigung (etwa Höhe regio 7), ist zu Beginn kaliberstark und verjüngt sich anschließend gleichmäßige in Richtung rostral. Der schwarze Zahnstumpf rechts auf dem Alveolarkamm ist ein oberer Eckzahn. Zur Verdeutlichung des Verlaufs der Gefäße wurden diese in Abb. 27f mit Hilfe des Programms Adobe Photoshop Elements 9 nachgezeichnet. So lässt sich die potentielle Entnahmestelle für ein Schleimhauttransplantat erkennen (Abb. 27f - blaue Markierung).

Bildtafel 1

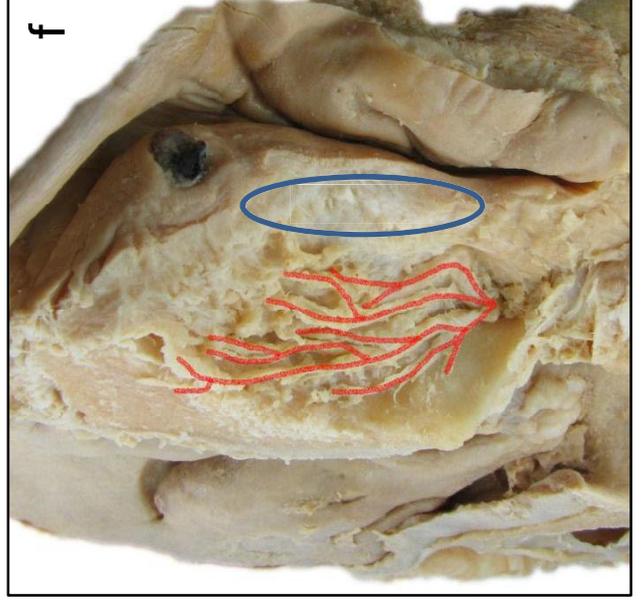
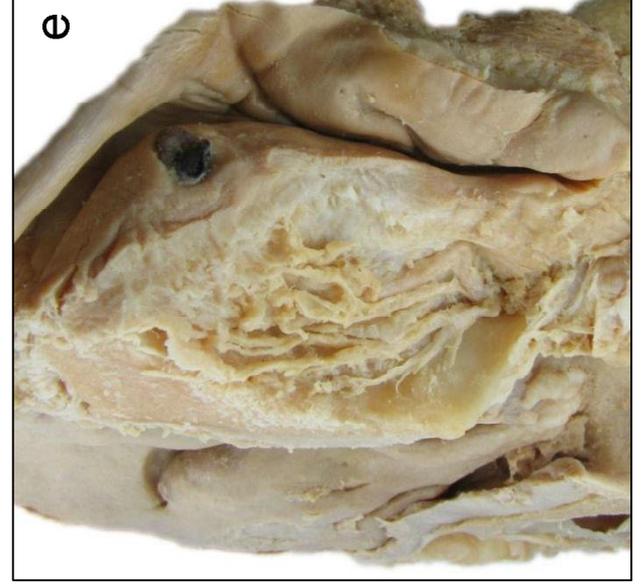
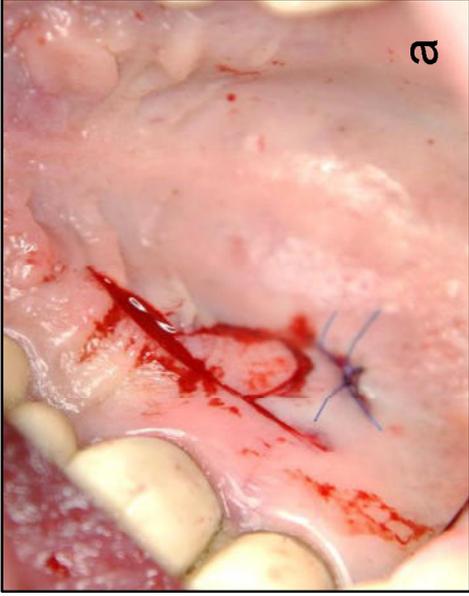
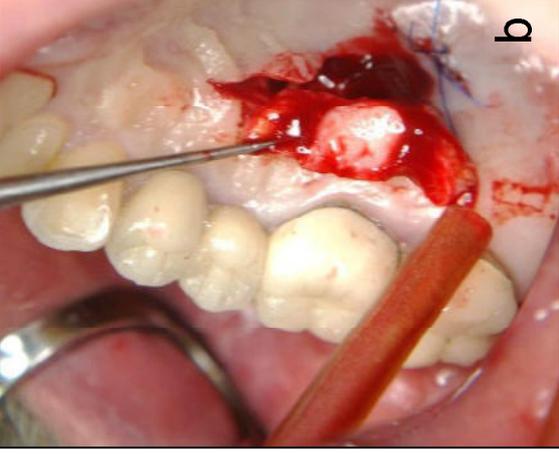
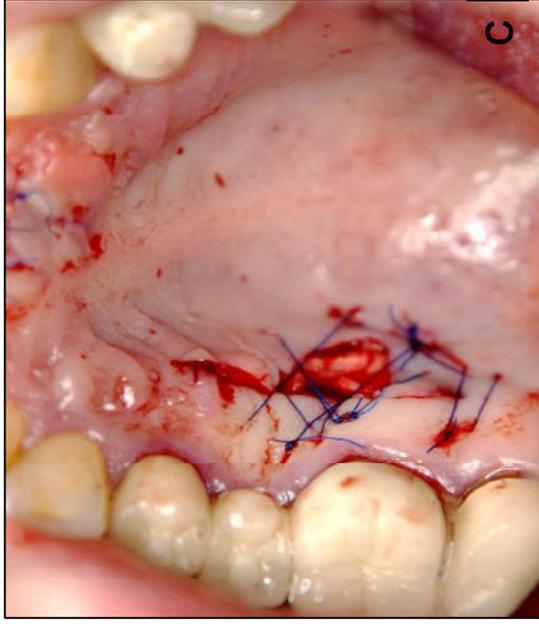


Abb. 27: Gegenüberstellung der klinischen Entnahme eines freien Schleimhauttransplantates als Full-Flap und einer beispielhaften anatomischen Präparatsituation

Beschreibung der Bildtafel 2 (Abb. 28):

Abb. 28a belegt die präoperative Situation am seitlichen Gaumen. Abb. 28b zeigt den Inzisionsverlauf (distal des Eckzahns, bis mesial des ersten Molaren) und die Entnahme des subepithelialen Transplantates (ohne bedeckendes Epithel) aus dem Transplantatbett. In diesem Fall wurde das entnommene Gewebe zur Rezessionsdeckung¹¹ an Unterkieferfrontzähnen genutzt. Abb. 28c zeigt das umfangreiche Vernähen der Entnahmeregion.

Abb. 28d stellt die Übersichtsaufnahme eines humanen, geteilten Kopfpräparates dar; Blick von caudal nach cranial. In der linken Bildmitte ist der präparierte Gaumen erkennbar. Im vorderen Drittel sind die Zähne 22, 23 und teilweise 24 erkennbar. Abb. 28e ist eine Detailaufnahme des Gaumens aus Abb. 28d. Das Gefäß weist hier eine etwas spätere, dafür zahlreichere Aufzweigung als in Abb. 27e (etwa Höhe regio 6). Es liegt ein mittleres Kaliber vor, welches in Richtung rostral gleichbleibend ist. Im rechten Anteil des Bildes ist der vollständig (bezogen auf den 2. Quadranten) erhaltene Zahnbogen sichtbar. Zur Verdeutlichung des Verlaufs der Gefäße wurden diese in Abb. 28f mit Hilfe des Programms Adobe Photoshop Elements 9 nachgezeichnet. Die potentielle Entnahmestelle für ein Schleimhauttransplantat ist mit einer blauen Markierung versehen.

¹¹ Eine Weichgewebsrezession ist eine meist auf die orale und/oder vestibuläre Wurzeloberfläche eines Zahnes begrenzte, klinisch entzündungsfreie Rückbildung des Parodontiums (Hellwig et al. 2009).

Bildtafel 2

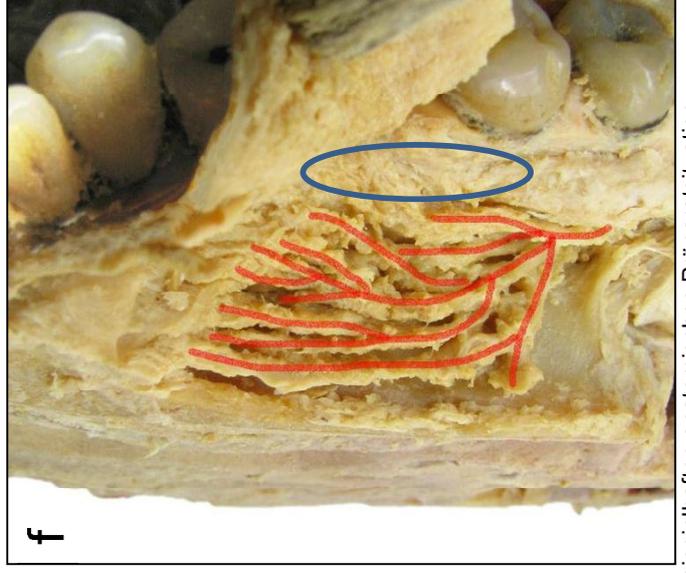
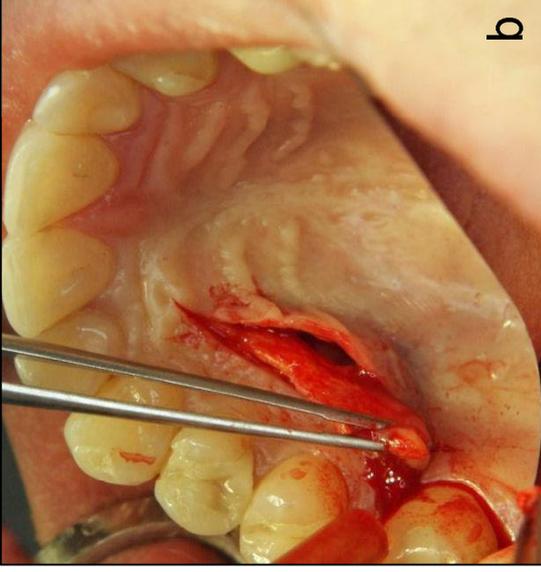
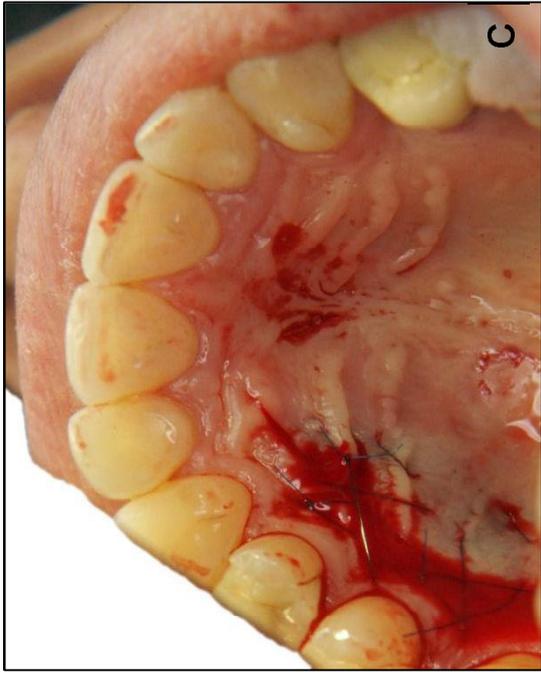


Abb. 28: Gegenüberstellung der klinischen Entnahme eines subepithelialen Schleimhauttransplantates und einer beispielhaften anatomischen Präparatsituation

Beschreibung der Bildtafel 3 (Abb. 29):

Abb. 29a verdeutlicht die Schnittführung für die Entnahme eines subepithelialen Schleimhauttransplantates (ohne bedeckendes Epithel). In diesem Fall fehlen dem Patienten die oberen ersten Prämolaren, wodurch sich die Inzision etwa um einen Zahn nach mesial verschiebt. Abb. 29b zeigt die Entnahme des Transplantates aus dem Transplantatbett und Abb. 29c das umfangreiche Vernähen der Entnahmeregion.

Abb. 29d stellt die Übersichtsaufnahme eines humanen, vollständigen Kopfpräparates dar; Blick von caudal nach cranial. In der Bildmitte ist der präparierte Gaumen erkennbar. Im vorderen Drittel sind die Zähne 13-23 zu sehen, welche teilweise noch Zahnersatz in Form von Kronen (an den Eckzähnen mit Geschiebe) tragen. Abb. 29e ist eine Detailaufnahme des Gaumens aus Abb. 29d. Zu erkennen ist, dass beidseits die Gefäße eine noch spätere, zahlreichere Aufzweigung (etwa Höhe regio 5) aufweisen, als in beiden zuvor beschriebenen Fällen. Außerdem handelt es sich um großkalibrige Gefäße, die gleichbleibend in Richtung rostral ziehen. In Abb. 29f wurden mit Hilfe des Programms Adobe Photoshop Elements 9 die Gefäßverläufe nachgezeichnet. Die potentiellen Entnahmestellen für ein Schleimhauttransplantat sind mit einer blauen Markierung versehen. Gleichzeitig macht die Nachzeichnung der Gefäße deutlich, dass an ein- und demselben Präparat die Verzweigungsmuster der A. palatina major unterschiedlich ausfallen können. Dies führt zu einer anderen Konfiguration der Entnahmestelle.

Bildtafel 3

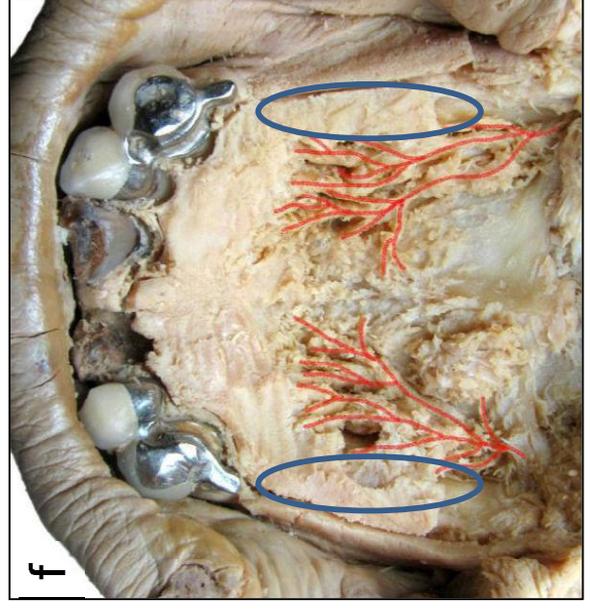
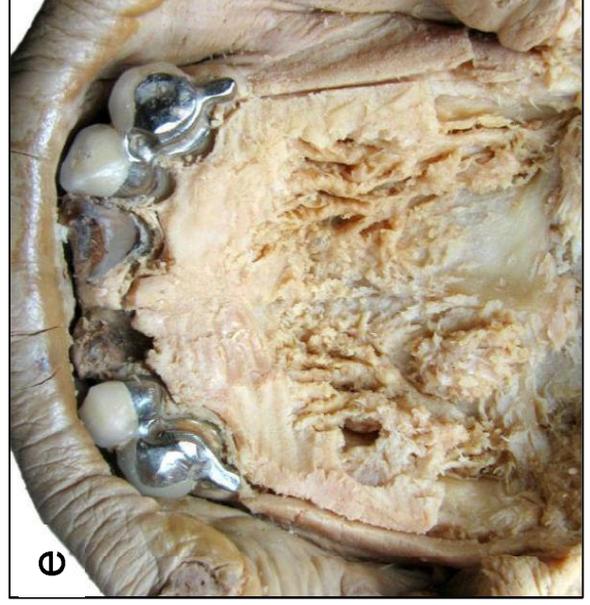
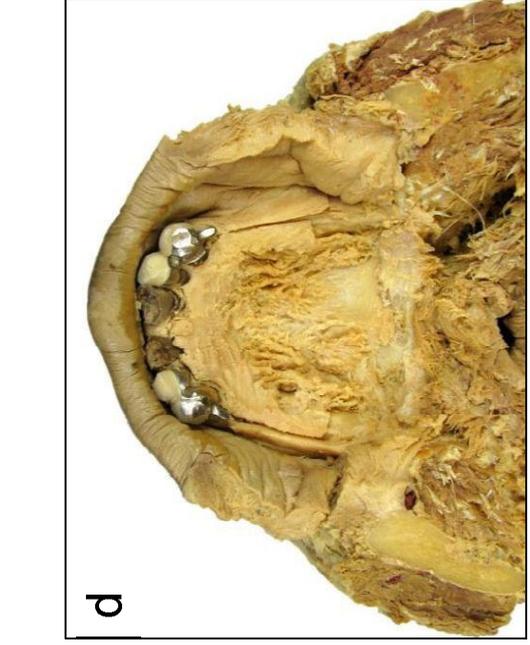
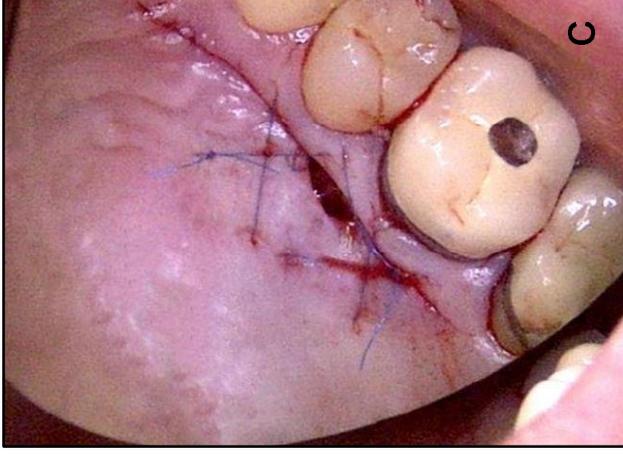
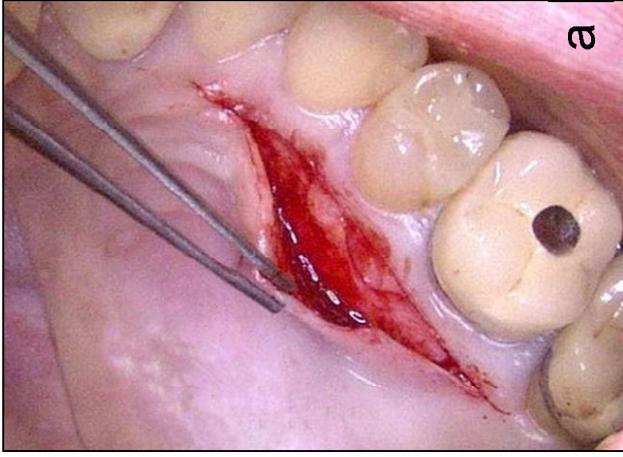


Abb. 29: Gegenüberstellung der klinischen Entnahme eines subepithelialen Schleimhauttransplantates und einer beispielhaften anatomischen Präparatsituation am ganzen Kiefer

Beschreibung der Bildtafel 4 (Abb. 30):

Abb. 30 bildet unterschiedliche Lage und Formvarianten der *A. palatina major* ab. Alle Bilder der Abbildung haben die Blickrichtung caudal-cranial. Abb. 30a zeigt eine frühe zahlreiche Aufzweigung (etwa Höhe regio 7), ist zu Beginn kaliberstark und verjüngt sich anschließend gleichmäßige in Richtung rostral. Abb. 30b lässt eine spätere, zahlreiche Aufzweigung (etwa Höhe regio 5) erkennen, als in Abb. 30a. Außerdem handelt es sich um großkalibrige Gefäße, die gleichbleibend in Richtung rostral ziehen. Abb. 30c weist eine Aufzweigung etwa in Höhe regio 6, also zwischen Abb. 30a und Abb. 30b auf. Dafür teilt sich das Gefäß hier etwas zahlreicher. Zudem stellt sich ein mittleres Kaliber dar, welches in Richtung rostral gleichbleibend ist. Abb. 30d lässt eine sehr frühe, sehr zahlreiche Aufzweigung der *A. palatina major* erkennen (noch vor regio 7). Anschließend zeigt sich eine diffuse Vermischung von groß- und kleinkalibrigen Gefäßverzweigungen in Richtung rostral. In Abb. 30e teilt sich die *A. palatina major* wiederum früh; etwa in Höhe regio 7. In dieser Variante ziehen nur wenige kaliberstarke Gefäße in Richtung rostral. Abb. 30f weist, ähnlich wie Abb. 30d, eine sehr frühe Aufzweigung mit einigen kurzen kaliberstarken Gefäßstämmen, die sich rasch verjüngen und kaliberschwach in Richtung rostral ziehen.

Tabelle 9: Zusammenfassung der Varianten der *A. palatina major*

| Variante | Aufzweigung | Anzahl | Kaliber | Verlauf | Anzahl der zuzuordnenden Präparate |
|----------|------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| a | früh, regio 7 | zahlreich | groß zu Beginn | gleichmäßige Verjüngung | 8 |
| b | spät, regio 5 | zahlreich | groß | gleichbleibend | 6 |
| c | mittel, regio 6 | zahlreich | mittel | gleichbleibend | 4 |
| d | sehr früh, vor regio 7 | sehr zahlreich | diffus, groß und klein | gleichbleibend diffus | 6 |
| e | früh, regio 7 | wenige | groß | gleichbleibend | 3 |
| f | sehr früh, vor regio 7 | wenig zu Beginn, dann zahlreich | groß | rasche Verjüngung zu kaliberschwach | 6 |

Bildtafel 4

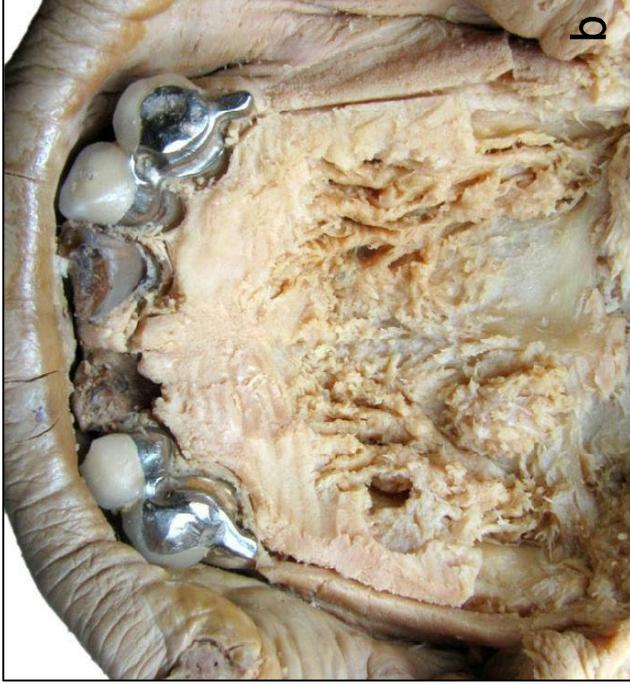


Abb. 30: Darstellung unterschiedlicher Lage und Formvariationen der A. palatina major an anatomischen Präparaten

3.2. Vermessung der Lage der A. palatina major

An den 33 zur Verfügung stehenden Präparaten (je eine Gaumenseite bei vollständigen Kopfpräparaten) erfolgte eine Messung an zwei Messpunkten (distal oberer Eckzahn, mesial erster Molar) der Lage der A. palatina major. Das Ergebnis zeigt die folgende Tabelle 10.

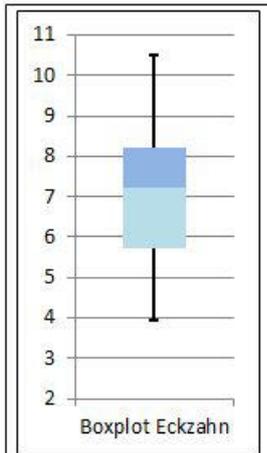
Tabelle 10: Ergebnisse der Vermessung der A. palatina major

| Nr. | Bez. | Distal Eckzahn in mm | Bezeichnung | Mesial 1. Molar in mm | Bezeichnung2 |
|-----|------|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------|
| 1 | 1 li | 8,96 | zl ¹² | 10,15 | zl |
| 2 | 1 re | 7,85 | zl | 9,56 | zl |
| 3 | 2 li | 9,25 | vb ¹³ | 12,38 | vb |
| 4 | 2 re | 10,51 | vb | 13,34 | vb |
| 5 | 3 li | 6,78 | Zahn ¹⁴ | 11,04 | zl |
| 6 | 3 re | 6,67 | Zahn | 9,34 | zl |
| 7 | 4 li | 7,81 | Zahn | 8,3 | zl |
| 8 | 4 re | 7,24 | Zahn | 7,72 | zl |
| 9 | 5 li | 5,13 | zl | 5,94 | zl |
| 10 | 5 re | 5,21 | zl | 5,81 | zl |
| 11 | 6 li | 8,35 | zl | 11,82 | zl |
| 12 | 6 re | 9,26 | zl | 10,93 | zl |
| 13 | 101 | 8,23 | zl | 9,51 | zl |
| 14 | 102 | 8,31 | Zahn | 10,19 | zl |
| 15 | 103 | 9,84 | Zahn | 11,48 | Zahn |
| 16 | 104 | 8,93 | Zahn | 6,65 | zl |
| 17 | 105 | 7,75 | zl | 9,72 | zl |
| 18 | 106 | 7,31 | zl | 9,51 | zl |
| 19 | A | 4,12 | zl | 4,82 | zl |
| 20 | B | 6,68 | zl | 11,03 | zl |
| 21 | C | 7,75 | zl | 9,02 | zl |
| 22 | D | 7,82 | zl | 8,23 | zl |
| 23 | E | 5,71 | zl | 8,41 | zl |
| 24 | F | 6,19 | zl | 7,92 | zl |
| 25 | G | 4,82 | zl | 3,51 | zl |
| 26 | H | 5,23 | Zahn | 6,11 | zl |
| 27 | I | 6,03 | zl | 6,92 | zl |
| 28 | J | 3,95 | zl | 4,65 | zl |
| 29 | K | 7,23 | zl | 8,09 | zl |
| 30 | L | 6,32 | zl | 8,64 | zl |
| 31 | M | 4,17 | zl | 5,28 | zl |
| 32 | N | 7,62 | Zahn | 9,08 | Zahn |
| 33 | O | 4,74 | zl | 10,23 | zl |

¹² „zl“ steht für einen zahnlosen Kiefer

¹³ „vb“ steht für einen vollbezahnten Kiefer

¹⁴ „Zahn“ steht für das Vorhandensein des für die Messung notwendigen Zahnes, jedoch wies der Kiefer andere fehlende Zähne auf

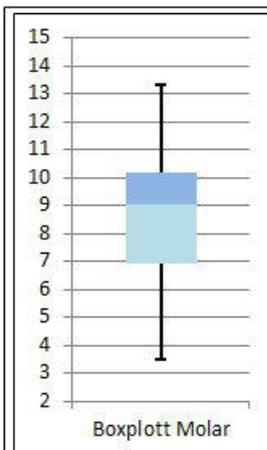


| Angaben in mm | Eckzahn |
|-----------------|---------|
| Maximum | 10,51 |
| Oberes Quartil | 8,23 |
| Median | 7,24 |
| Unteres Quartil | 5,71 |
| Minimum | 3,95 |
| Mittelwert | 7,02 |

Die Auswertung der Daten in Bezug auf den oberen Eckzahn zeigt die Abb. 31. Es ist festzustellen, dass der Median bei 7,24 mm liegt, wobei 25 % der Messwerte unter 5,71 mm und weitere 25 % der Werte über 8,23 mm liegen.

Als Maximalwert wurden 10,51 mm gemessen. Das Minimum lag bei 3,95 mm. Im Mittel betragen die Messwerte 7,02 mm.

Abb. 31: Auswertung der Messwerte in Bezug auf den Eckzahn



| Angaben in mm | Molar |
|-----------------|-------|
| Maximum | 13,34 |
| Oberes Quartil | 10,19 |
| Median | 9,02 |
| Unteres Quartil | 6,92 |
| Minimum | 3,51 |
| Mittelwert | 8,65 |

Die Auswertung der Daten in Bezug auf den oberen ersten Molar zeigt die Abb. 32. Es ist festzustellen, dass der Median bei 9,02 mm liegt, wobei 25 % der Messwerte unter 6,92 mm und weitere 25 % der Werte über 10,19 mm liegen.

Als Maximalwert wurden 13,34 mm gemessen. Das Minimum lag bei 3,51 mm. Im Mittel betragen die Messwerte 8,62 mm.

Abb. 32: Auswertung der Messwerte in Bezug auf den ersten Molar

3.3. Verhalten von Weichgewebe unter dem Einfluss verschiedener Fixantien

In diesem Kapitel sind die Ergebnisse des Versuchs, den Einfluss von Fixierlösungen auf die Beschaffenheit von Weichgewebe und Knochen mittels eines DVTs zu messen, aufgeführt. Zunächst erfolgt die Darstellung und Auswertung der Ergebnisse für den Versuchsteil mit Präparaten eines Wildscheins, wobei die Tabelle 11 die Messwerte zusammenfasst und Abb. 33 sowie Abb. 34 diese grafisch aufarbeiten.

Tabelle 11: Ergebnisse der Vermessung der Wildschwein-Präparate

| Angaben in mm | | Weichgewebe | | | Knochen | | |
|---------------|------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------|
| | | Datum der Messung (=T) | | | Datum der Messung (=T) | | |
| Präparat | Fixierung | T1 13.03.2014 | T2 29.03.2014 | T3 01.08.2014 | T1 13.03.2014 | T2 29.03.2014 | T3 01.08.2014 |
| 1 | Ethanol-Glycerin | 12,32 | 11,22 | 11,17 | 9,72 | 8,89 | 8,87 |
| 2 | Thiel | 12,73 | 12,20 | 12,15 | 9,83 | 9,52 | 9,44 |
| 3 | PFA | 12,34 | 11,90 | 11,79 | 11,37 | 10,76 | 10,68 |
| 4 | Tiefgefroren | 11,78 | 11,70 | 11,70 | 9,38 | 9,38 | 9,38 |

Wildschwein – Ethanol-Glycerin:

Das in Ethanol-Glycerin fixierte Präparat Nr. 1 zeigte im Zeitraum von 16 Tagen (T1 bis T2) eine Schrumpfung des Weichgewebes von 12,32 mm auf 11,22 mm, was 1,10 mm oder 8,93 % entspricht. Nach 141 Tagen (T1 – T3) betrug der Wert 11,17 mm, was 1,15 mm oder 9,33 % entspricht. Im Zeitraum T2 – T3 (125 Tage) betrug die Veränderung 0,05 mm, was 0,40 % entspricht. Knöchern konnte zum Zeitpunkt T2 eine Schrumpfung von 9,72 mm auf 8,89 mm gemessen werden. Dies entspricht 0,83 mm bzw. 8,54 %. Zum Zeitpunkt T3 konnten 8,87 mm gemessen werden, was einer Gesamtschrumpfung von 0,85 mm bzw. 8,74 % entspricht. Im Zeitraum T2 – T3 (125 Tage) betrug die Veränderung 0,02 mm, was 0,21 % entspricht.

Wildschwein – Thiel:

Das in Thiel-Lösung fixierte Präparat Nr. 2 wies zum Zeitpunkt T2 eine Schrumpfung des Weichgewebes von 12,73 mm hin zu 12,20 mm auf. Dies entspricht 0,53 mm bzw. 4,16 %. Zum Zeitpunkt T3 betrug der Messwert 12,15 mm, was einer Schrumpfung von insgesamt 0,58 mm bzw. 4,55 % entspricht. Im Zeitraum T2 – T3

wies das Weichgewebe eine Schrumpfung von 0,05 mm auf, was 0,40 % entspricht. Knöchern war zum Zeitpunkt T2 eine Schrumpfung von 9,83 mm auf 9,52 mm festzustellen. Dies entspricht 0,31 mm bzw. 3,15 %. Zum Zeitpunkt T3 betrug der Messwert 9,44 mm, was einer Gesamtschrumpfung von 0,39 mm bzw. 3,97 % entspricht. Im Zeitraum T2 – T3 betrug die Veränderung 0,08 mm, was 0,81 % entspricht.

Wildschwein – PFA:

Das in Formalin fixierte Präparat Nr. 3 wies zum Zeitpunkt T2 eine Schrumpfung des Weichgewebes von 12,34 mm hin zu 11,90 mm auf. Dies entspricht 0,44 mm bzw. 3,56 %. Zum Zeitpunkt T3 betrug der Messwert 11,79 mm, was einer Gesamtschrumpfung von 0,55 mm bzw. 4,46 % entspricht. Im Zeitraum T2 – T3 schrumpfte das Weichgewebe um 0,11 mm, was 0,89 % entspricht. Knöchern war zum Zeitpunkt T2 eine Schrumpfung von 11,37 mm auf 10,76 mm festzustellen. Dies entspricht 0,61 mm bzw. 5,36 %. Zum Zeitpunkt T3 konnte ein Messwert von 10,68 mm festgestellt werden. Dies entspricht einer Schrumpfung T1 – T3 von 0,69 mm bzw. 6,07 %. Im Zeitraum T2 – T3 schrumpfte der Knochen um 0,08 mm, was 0,70 % entspricht.

Wildschwein – Tiefgefroren:

Das tiefgefrorene, native Präparat Nr. 4 zeigte im Zeitraum von 16 Tagen (T1 bis T2) eine Schrumpfung des Weichgewebes von 11,78 mm auf 11,70 mm, was 0,08 mm oder 0,68 % entspricht. Nach 141 Tagen (T1 – T3) betrug der Messwert ebenfalls 11,70 mm. Es konnte keine Veränderung festgestellt werden. Knöchern konnte zu keinem der Messzeitpunkte eine Veränderung festgestellt werden. Die Messwerte waren identisch.

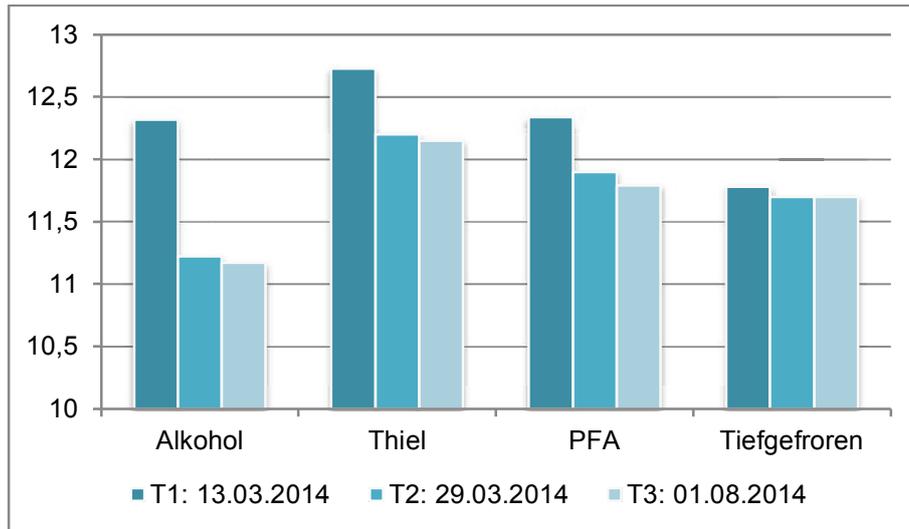


Abb. 33: Darstellung der Weichgewebsschrumpfung der Wildschwein-Präparate

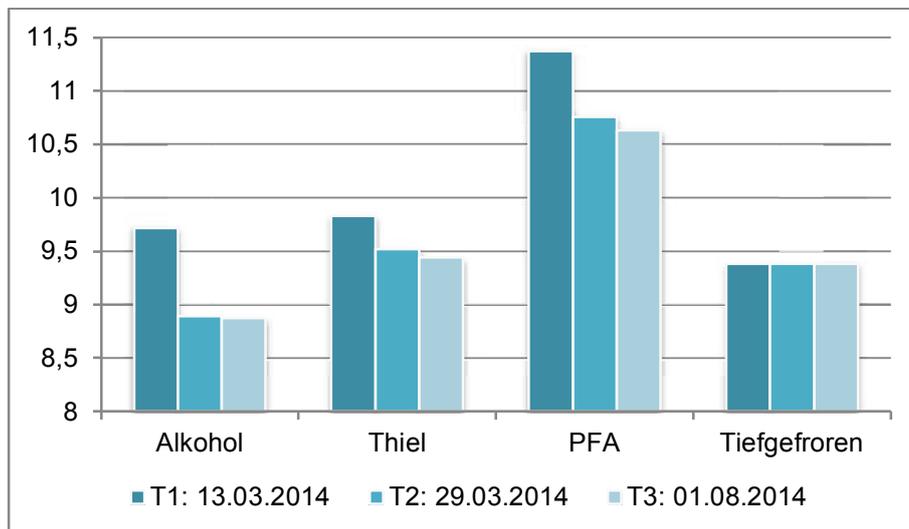


Abb. 34: Darstellung der knöchernen Schrumpfung der Wildschwein-Präparate

Die Auswertung der Messergebnisse des Versuchsteils mit dem humanen Präparat, welches ausschließlich in Ethanol-Glycerin Lösung fixiert wurde, schließt sich an. Die Tabelle 12 fasst die Messwerte zusammen und die Abb. 35 und Abb. 36 arbeiten diese grafisch auf.

Tabelle 12: Ergebnisse der Vermessung des Humanen Präparates

| Angaben in mm | | Weichgewebe | | | Knochen | | |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | Datum der Messung | | | Datum der Messung | | |
| Präparat | Fixierung | T1 24.05.2014 | T2 06.06.2014 | T3 12.10.2014 | T1 24.05.2014 | T2 06.06.2014 | T3 12.10.2014 |
| 1 | Ethanol-Glycerin | 6,45 | 5,93 | 5,88 | 14,04 | 12,98 | 12,88 |

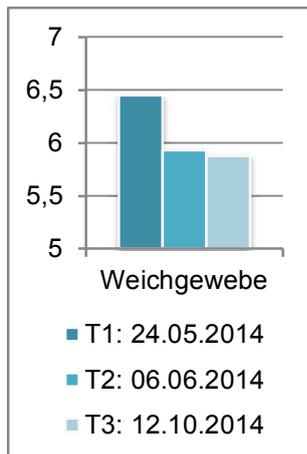


Abb. 35: Darstellung der Weichgewebsschrumpfung des Humanpräparats

Das in Ethanol-Glycerin fixierte Humanpräparat zeigte im Zeitraum von 13 Tagen (T1 bis T2) eine Schrumpfung des Weichgewebes von 6,45 mm auf 5,93 mm, was 0,52 mm bzw. 8,06 % entspricht. Nach 141 Tagen (T1 – T3) betrug der Wert 5,88 mm, was 0,57 mm oder 8,84 % entspricht. Im Zeitraum T2 – T3 (126 Tage) betrug die Veränderung 0,05 mm, was 0,78 % entspricht.

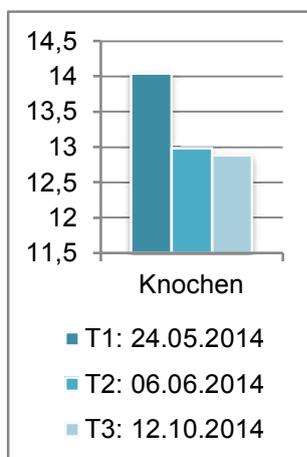


Abb. 36: Darstellung der Knochengewebsschrumpfung des Humanpräparats

Knöchern konnte zum Zeitpunkt T2 eine Schrumpfung von 14,04 mm auf 12,98 mm gemessen werden. Dies entspricht 1,06 mm bzw. 7,55 %. Zum Zeitpunkt T3 konnten 12,88 mm gemessen werden, was einer Gesamtschrumpfung von 1,16 mm bzw. 8,26 % entspricht. Im Zeitraum T2 – T3 (126 Tage) betrug die Veränderung 0,10 mm, was 0,71 % entspricht.

3.4. Ergebnisse der Fotodokumentationen anatomischer Präparate

Die Abb. 37 stellt Bilder mit und ohne zusätzliche Ausleuchtung gegenüber. Beide Bilder sind nicht nachbearbeitet, sondern stellen das reine Aufnahmeergebnis dar. Zu sehen ist, neben der an sich schlechteren Beleuchtung in Abb. 37a, auch seine Gelbstichigkeit. Die Farben wirken unnatürlich und wenig kontrastreich. Im Gegensatz dazu Abb. 37b.

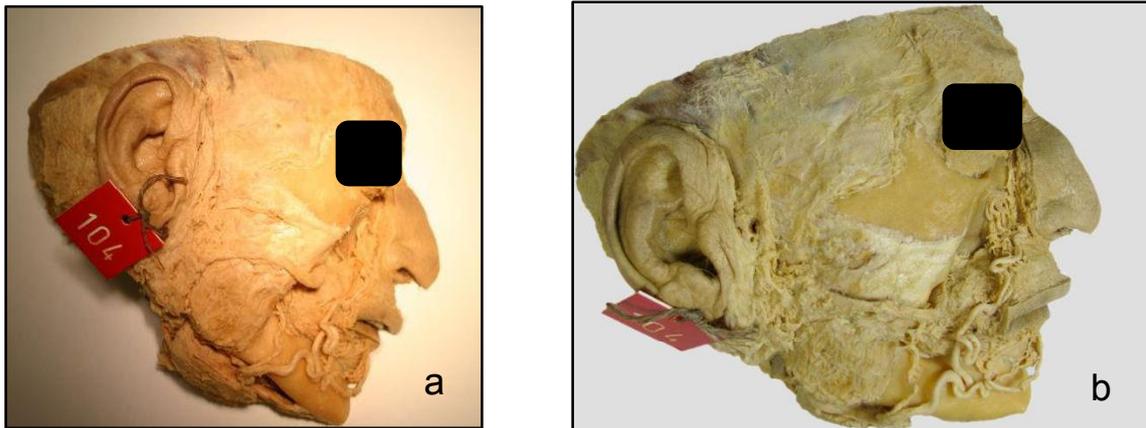


Abb. 37: Darstellung der Auswirkung zusätzlicher Beleuchtung, rechts ohne – links mit Tageslichtlampen

Die Abb. 38a und b zeigen zwei exakt gleiche Aufnahmesituationen mit leicht veränderter Beleuchtung. Abb. 38b weist einen deutlichen besseren Kontrast, in der für den Betrachter wichtigen Region, auf. Auch diese Bilder wurden nicht bearbeitet, sondern stellen das reine Aufnahmeergebnis dar.

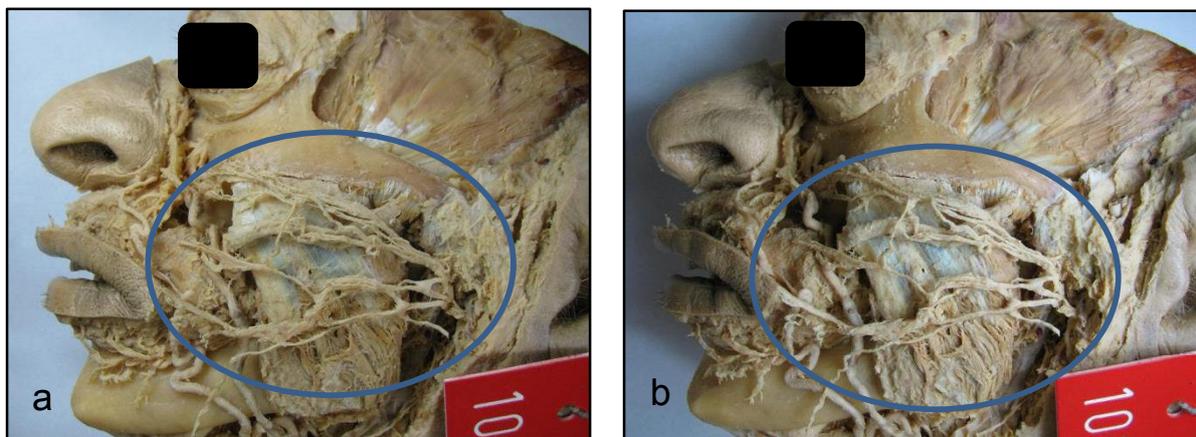


Abb. 38: Darstellung der Auswirkung gerichteter Ausleuchtung auf den Kontrast

Abb. 39a bis e zeigen die Vorteile des Arbeitens zu zweit, wobei ein Helfer die Beleuchtung des Bildes stets veränderte und der Fotograf am Laptop, im Falle guter Kontraste, den Auslöser betätigte. Zu erkennen ist, wie unterschiedlich stark kontrastiert sich der wesentliche Bereich (blaue Markierung) des Präparates darstellt. Dadurch ergibt sich später eine größere Auswahlmöglichkeit an Bildern, je nachdem worauf der Fokus des Betrachters besonders gelenkt werden soll.

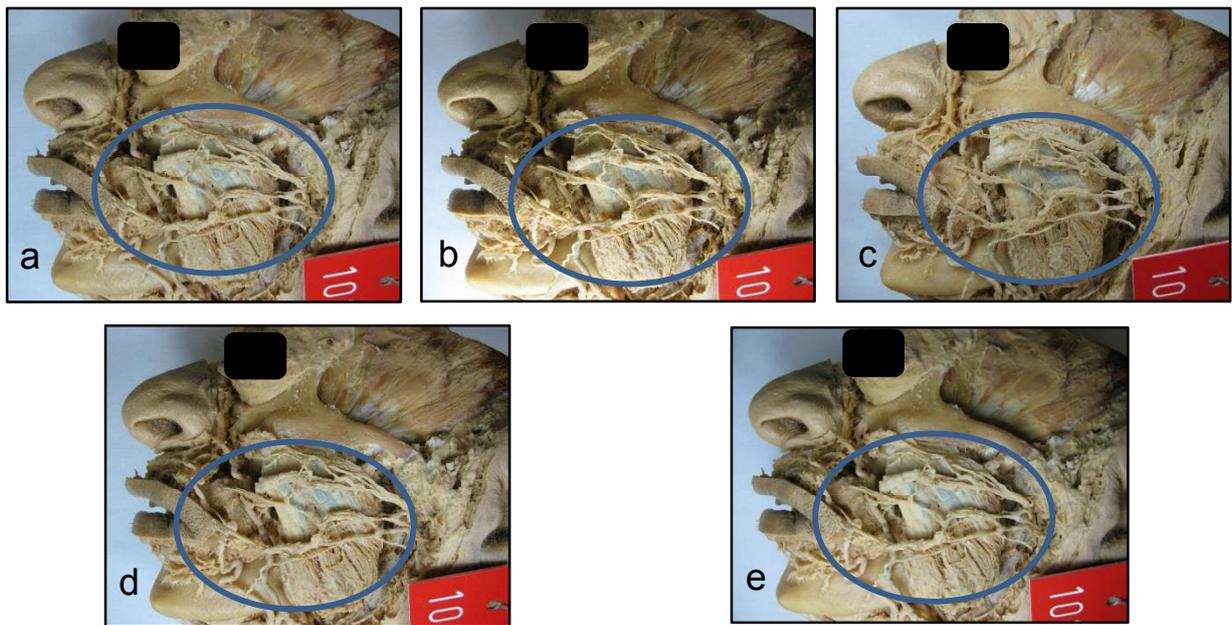


Abb. 39: Bilderserie mit veränderter Beleuchtung

Die Abb. 40a bis f zeigen die vollständige Nachbearbeitung einer mit der in Kap. 2.6.1 beschriebenen Ausrüstung erstellten Aufnahme. Abb. 40a stellt den Ausgangszustand der Fotografie dar. In Abb. 40b ist das Ergebnis der Tonwertkorrektur zu sehen. Die Drehung in die korrekte Blickrichtung verdeutlicht Abb. 40c. In Abb. 40d ist die Entfernung des unerwünschten Hintergrundes und dessen Ersatz durch einen einheitlichen, in diesem Fall weißen, Hintergrund dargestellt. Abb. 40e zeigt wie einige Bereiche noch einmal in Helligkeit und Kontrast nachjustiert wurden, um ein natürlicheres Gesamtbild zu erzielen. Dieses Bild ist das Endergebnis der Bearbeitung und Ausgangspunkt für alle weiteren Verwendungen im Rahmen der Arbeit. Abb. 40f stellt eine davon dar - das Zuschneiden auf den relevanten Bildausschnitt zur Verwendung in Abb. 27 auf Seite 43.

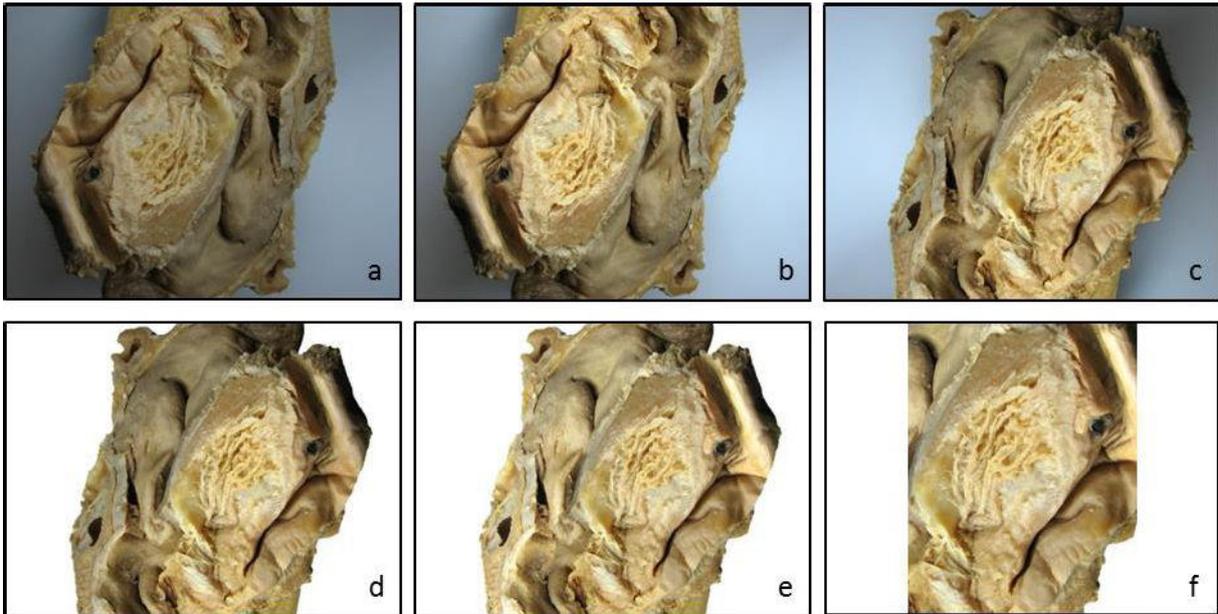


Abb. 40: Bilderserie zur vollständigen Nachbearbeitung eines Bildes (Gaumen am geteilten Kopf, Blickrichtung von kaudal)

3.5. Fotografische Darstellung präformierter Körperhöhlen

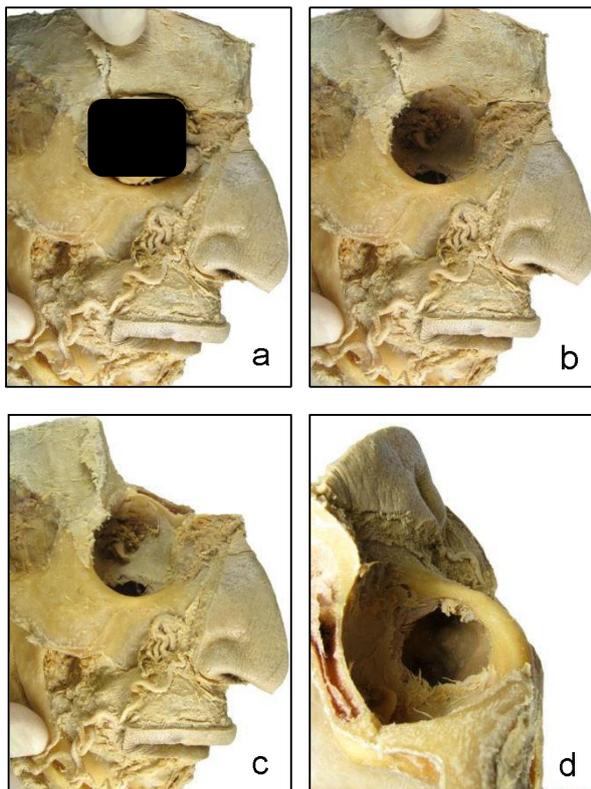


Abb. 41: Darstellung des Zugangsweges zum Sinus maxillaris

Um den Sinus maxillaris fotografisch abbilden zu können, war es notwendig, einen ausreichend großen Zugang zu schaffen. Die Abb. 41a zeigt die Ausgangssituation des für die Aufnahmen verwendeten geteilten humanen Kopfpräparats. Zunächst wurde das Auge vollständig entfernt und der Orbitaboden abgetragen (Abb. 41b). Dazu wurden ein Skalpell, ein Raspatorium und eine Hohlmeißelzange nach Luer genutzt. In einem zweiten Schritt sind das Orbitadach und ein Teil der frontalen Kalotte mit Hilfe einer oszillierenden Säge

entfernt worden. Abb. 41d zeigt das Endergebnis dieses Verfahrens, welches wiederum Ausgangssituation für die Anfertigung der HDR-Aufnahmen war.

Abb. 42a bis d zeigen in Serie den rechten Sinus maxillaris eines geteilten, humanen Kopfpräparates (Blickrichtung von cranial nach caudal). Wichtig bei dieser Aufnahmetechnik ist die Fixierung des Präparates in ein- und derselben Position während aller Aufnahmen. Verändert wird lediglich die Beleuchtung der präformierten Körperhöhle.

Die Bilder wurden, wie in Kapitel 2.6 beschrieben, bearbeitet und anschließend im Programm Adobe Photoshop Elements zu einem HDR-Bild zusammengesetzt. Das Ergebnis zeigt Abb. 42e. Im Vergleich der einzelnen Bilder mit dem Ergebnis ist zu sehen, dass gleichmäßig gut ausgeleuchtet ist.

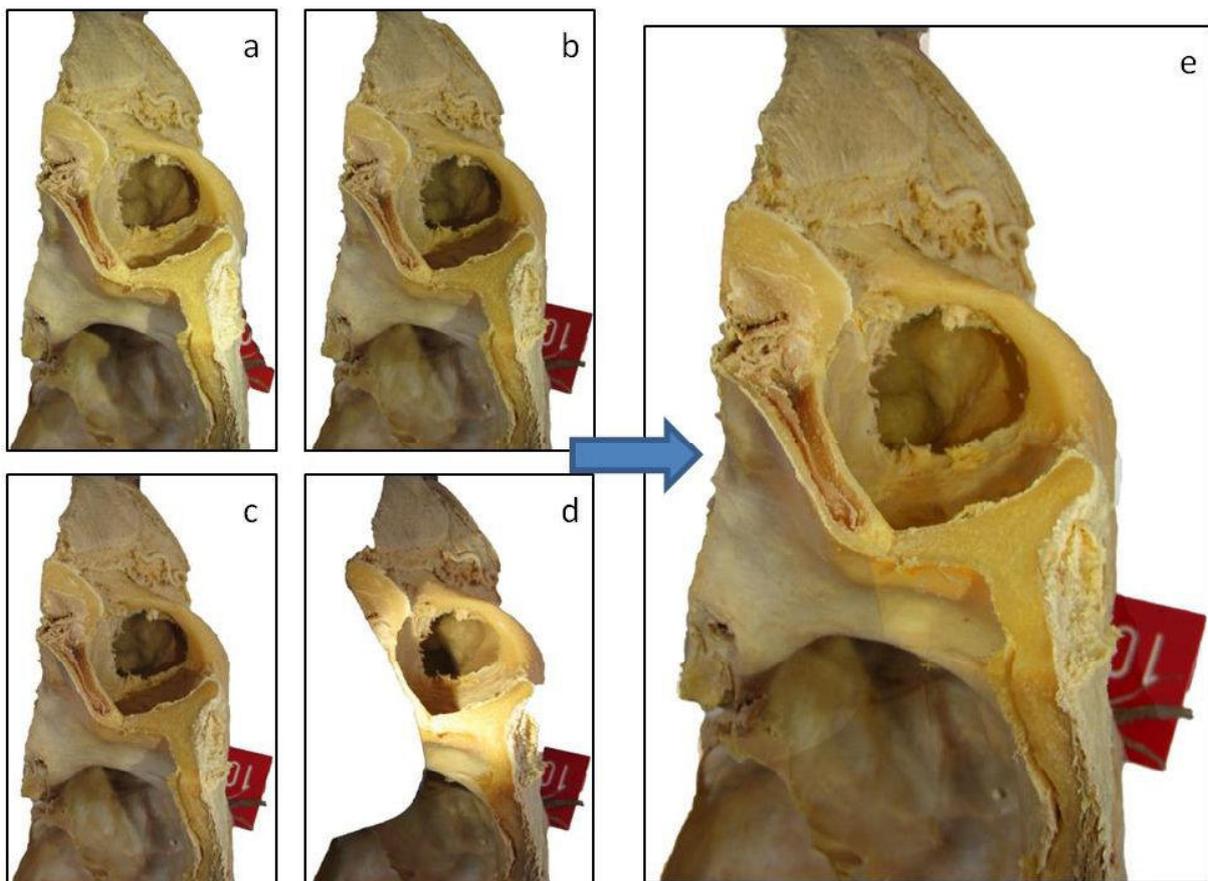


Abb. 42: Ausgangsbilder und Ergebnis des HDR-Verfahren (Geteiltes humanes Kopfpräparat, Blickrichtung von cranial in Sinus maxillaris)

4. Diskussion

4.1. Vergleich der Messergebnisse zur Lage der *A. palatina major*

In einer Studie an 198 Gipsmodellen von parodontal gesunden Patienten wurde gezeigt, dass der Hauptast der *A. palatina major* im Bereich der Eckzähne etwa 12 mm unterhalb des Gingivarands liegt und etwa 14 mm im Bereich der ersten Molaren (Monnet-Corti et al. 2006), so dass eine Inzision in der Ausdehnung von der mesialen Begrenzung des ersten Prämolaren bis zur mesialen Begrenzung des ersten Molaren 2 mm unterhalb des Gingivarands und 8 mm in die Tiefe als sicher gelten kann (Zuhr et al. 2012). Bei der in dieser Arbeit vorgenommenen Messung hat sich an den 33 zur Verfügung stehenden Präparaten ein anderes Ergebnis gezeigt. Im Bereich des Eckzahns lag der Durchschnitt der Messwerte bei 7,02 mm und damit 4,98 mm unter dem in der Literatur angegebenen Wert. Auch der höchste Messwert erreichte mit 10,51 mm nicht den von Monnet-Corti angegebenen Wert von 12 mm. Für den Bereich mesial des oberen ersten Molaren wurde ein Mittelwert von 8,62 mm festgestellt, also 5,38 mm unter dem in der Literatur angegebenen Wert. Der Maximalwert lag mit 13,34 mm fast an dem von Monnet-Corti angegebenen Wert von 14 mm.

Es lässt sich feststellen, dass bei den vorliegenden Präparaten im Durchschnitt Messwerte von 58,3 % für den Eckzahn und 61,57 % für den ersten Molar, verglichen mit den Angaben aus der Literatur, erreicht wurden. Die Vergrößerung des zur Verfügung stehenden Gewebes nach distal ist in der Studie von Monnet-Corti et al. (2006) mit einer Differenz von 2 mm bzw. 14,30 % angegeben. Hier wurde ein ähnlicher Messwert erreicht. Die Differenz zwischen den durchschnittlichen Messwerten am Eckzahn und den des ersten Molaren lag bei 1,60 mm bzw. 18,86 %.

Daraus lässt sich schließen, dass eine Pauschalisierung der Entnahmeregion auf die von Monnet-Corti et al. (2006) angegebenen Werte vermieden werden sollte. Die Aussagekraft der in der vorliegenden Arbeit erzielten Werte muss kritisch hinterfragt werden (Kap. 4.3.2, S. 63).

Dazu ist es erforderlich, neben der Interpretation der Werte bezüglich des Zustandes und Alters der Präparate auch ihre Fixierung in Ethanol-Glycerin (Kap. 4.2.2, S. 62),

sowie die angewandte Messmethode zur Ermittlung des Abstandes Alveolarkamm – A. palatina major (Kap. 4.3.3, S. 64) zu berücksichtigen.

4.2. Schlussfolgerungen aus dem DVT-Versuch

Im folgenden Abschnitt sollen die im Kapitel 3 genannten Messergebnisse in den Kontext mit der Studie von Gedrange et al. (2008) gestellt werden, was die Schrumpfung des knöchernen Gewebes betrifft. Des Weiteren werden die bekannten Werte in Bezug zu den neu ermittelten Daten für die Weichgewebsschrumpfung gesetzt.

4.2.1. Vergleich der Messdaten für Kochen

Gedrange et al. (2008) stellen in ihrer Studie eine Schrumpfung des knöchernen Gewebes unter dem Einfluss einer Formalin-Fixierung (PFA) von ca. 4 % fest. Bei Ethanol lag dieser Wert bei 11 %. Die Methode wurde für die Thiel-Fixierung nicht durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit wurden unterschiedliche Werte erzielt. Die Schrumpfung des knöchernen Gewebes betrug nach 141 Tagen in Ethanol-Glycerin Lösung 8,74 %, womit der Wert 2,26 % abweicht. In Formalin-Lösung ergab sich ein Wert von 6,07 %, der damit 2,07 % von der Studie abweicht. Für das Präparat in Thiel-Lösung wurde eine Schrumpfung von 3,97 % ermittelt.

Festzustellen ist, dass für die Ethanol-Glycerin und Formalin-Lösungen eine Schrumpfungsrates in ähnlicher Größenordnung ermittelt wurde. Die Methode sollte durch Wiederholung in ihrer Aussagekraft überprüft werden, jedoch deuten die Messwerte auf einen funktionierenden Versuchsaufbau hin. Für den ermittelten Wert im Versuch mit der Thiel-Lösung fehlt ein Vergleichswert. Dennoch ordnet er sich in seiner Tendenz und Größenordnung in die anderen Ergebnisse des Versuchs ein. Da die Thiel-Fixierung zu einem sehr weichgewebsähnlichen, natürlichen Zustand der Präparate führt, erscheint es plausibel, dass das Schrumpfungsverhalten hier am geringsten ist. Auch dies muss die Wiederholung des Versuchs noch bestätigen.

Für das in Ethanol-Glycerin fixierte Humanpräparat ergab sich für die knöchernen Schrumpfung ein Wert von 7,55 %, der damit in Tendenz und Größenordnung sehr

nahe an dem für das Wildschweinpräparat liegt. Von dem in der Literatur genannten Wert weicht er 3,5 % ab. Auch hier muss eine mehrfache Wiederholung des Versuchs zunächst zeigen, ob die Schrumpfung an humanen Präparaten tatsächlich geringer ausfällt, als an denen von Wildschweinen.

4.2.2. Einfluss von Fixantien auf Weichgewebe

Die Schrumpfung des Weichgewebes betrug nach 141 Tagen in Ethanol-Glycerin Lösung 9,33 %, in Formalin-Lösung ergab sich ein Wert von 4,46 % und für das Präparat in Thiel-Lösung ein Wert von 4,55 %. Die Werte gleichen in Tendenz und Größenordnung denen der knöchernen Schrumpfung und liegen, ausgenommen Formalin, etwas höher als diese. Da das Weichgewebe mit dem Knochen verwachsen ist, erscheint es folgerichtig, dass es seiner Bewegung folgt. Da es größere Flexibilität und einen höheren Flüssigkeitsanteil aufweist, erschließt sich ebenso die leicht höhere Schrumpfrate gegenüber Knochengewebe.

4.2.3. Aussagekraft der im DVT-Versuch ermittelten Werte

Da alle Versuche jeweils nur an einem Präparat durchgeführt wurden, ist die Aussagekraft der Messwerte nicht abschließend gesichert. Der Versuch als solches und die Messergebnisse müssen sich in wiederholten Testreihen bestätigen. Da die Werte für die knöchernen Schrumpfung jedoch denen aus der Studie von Gedrange et al. (2008) sehr ähnlich sind, scheint der Versuchsaufbau als solches zu funktionieren.

Die Problematik der relativen Messfehler, verursacht durch die Technik der DVT selbst, erscheint vernachlässigbar, da:

- immer dasselbe Gerät verwendet wurde,
- stets dieselben Einstellung verwendet wurden,
- die Präparate exakt gleich im DVT positioniert wurden und
- es um die Messung eines Unterschieds geht, so dass relative Fehler in der Differenz zweier zeitlich versetzter Messwerte annehmbar gleich wären.

Auf Grund der sehr begrenzten Verfügbarkeit von frischen Humanpräparaten wurde nur ein einziger Test mit der im Institut für Anatomie am häufigsten angewandten Fixiermethode, Ethanol-Glycerin, durchgeführt. Auf Grund dieser ersten Ergebnisse

lässt sich annehmen, dass der Versuchsaufbau auf humane Testpräparate übertragbar ist. Bei wiederholten Versuchsreihen und auch mit den noch zu testenden Fixantien sind verlässliche Ergebnisse zu erwarten.

4.3. Kritische Einschätzung des Materials und der Methoden

Das folgende Kapitel hinterfragt die verwendeten Materialien und Methoden.

4.3.1. Veränderungen der Anatomie unter Berücksichtigung der Präparation

Alle Präparate waren Ethanol-Glycerin fixiert. Das Gewebe wird durch diese Art der Fixierung sehr hart. Je feiner die zu präparierenden Strukturen werden, desto schwieriger ist es, diese aus dem sie umgebenden Bindegewebe herauszulösen. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass feinste Gefäßstränge durch die Präparation verloren gegangen sind. Ebenso werden die Lage und der Verlauf der Gefäße durch das Entfernen der sie stabilisierenden Bindegewebe verändert. Im Rahmen der Arbeit wurde daher versucht, am rostralen Anteil der Präparate unpräparierte Gaumenschleimhaut zu belassen. Damit sind die Gefäße an ihrem Ursprung im Gaumen, dem Austritt aus dem For. palatinum majus, und in ihrem Verlauf in Richtung rostral lagetechnisch gesichert. Der Verlust kleinster Gefäßanteile mindert die Aussagekraft der Bilder und beschriebenen Form- und Lagevariationen nicht. Derart kaliberschwache Gefäße würden, für den Fall sie liegen in der Entnahmeregion, beherrschbare Blutungen verursachen.

4.3.2. Aussagekraft bezüglich Alter und Geschlecht der Spender

Das Durchschnittsalter der Körperspender lag bei 81,3 Jahren. Viele der Kiefer, die zur Verfügung standen, waren zahnlos. Wie lange die Zahnlosigkeit im Einzelfall bereits bestand, kann nicht nachvollzogen werden. In der Folge waren die Alveolarkämme unterschiedlich stark atrophiert. Dies hatte insofern Auswirkungen auf die Messergebnisse der Lage der A. palatina major, als dass diese insgesamt niedriger ausfielen, als nach Studienlage zu erwarten. Teilweise gab es erhebliche

Abweichungen. Auf der einen Seite mindert dies die Aussagekraft der Messergebnisse in Bezug auf ihre Allgemeingültigkeit. Auf der anderen Seite können sie als repräsentativ für eine entsprechende Altersgruppe, bzw. Patienten mit entsprechender Knochensituation angesehen werden. Als Beispiel sei ein Patient angenommen, der in beiden Oberkieferseitenzahngewebeten seit mehreren Jahren weitspannige Brücken (z.B. Zahn 4 bis 7) trägt und bei dem eine Rezession im Unterkiefer durch ein Bindegewebsstransplantat therapiert werden soll.

In Bezug auf das Geschlecht können die Ergebnisse, unter Berücksichtigung der zuvor genannten Altersgruppe und Situation, als repräsentativ angesehen werden, da von den insgesamt 27 Körperspendern 14 weiblich und 13 männlich waren.

4.3.3. Kritische Einschätzung der angewandten Methoden

Zu den Präparationstechniken:

Bei der präparatorischen Vorgehensweise wurden im Allgemeinen die Richtlinien des Instituts für Anatomie der Universität Leipzig befolgt. Die in den Präparieranleitungen beschriebenen Geräte und Methoden haben sich seit Jahren bewährt und dürfen als *lege artis* gelten. Wo es notwendig erschien, wurde von den vorhandenen Anleitungen abgewichen bzw. neue Vorgehensweisen entwickelt. Dies bezieht sich im Wesentlichen auf die Freilegung des Gaumens, um diesen bestmöglich präparieren zu können sowie auf die Bearbeitung der Präparate an sich, um optimale fotografische Ergebnisse erzielen zu können. Da beides nicht die Qualität der eigentlichen Präparation des Gaumens beeinflusst, bedarf es keiner weiteren Betrachtung dieser Vorgehensweisen. Bei der Präparation des Gaumens und der Darstellung der *A. palatina major* wurde mit größter Sorgfalt, den dafür vorgesehenen Gerätschaften und der entsprechenden Zeit vorgegangen. So nahm die Präparation einer halben Gaumenseite pro Präparat etwa zwei bis drei Stunden in Anspruch, womit dem sorgfältigen, ruhigen Vorgehen entsprochen worden ist.

Zur verwendeten Fototechnik:

Für die Vorbereitung und Durchführung der Fotografie wurde sorgfältig recherchiert und zahlreiche Probeaufnahmen angefertigt, bis das in der Arbeit gezeigte Ergebnis erzielt wurde. Mit einer professionellen fotografischen Ausrüstung wäre eine noch höhere Ausgangsqualität der Bilder zu erreichen. Auch in der Nachbearbeitung gibt es Programme, die weitere Möglichkeiten der Feinabstimmung bieten. Beides hätte einen enormen Kostenanstieg zur Folge, was nicht dem Sinn der hier dargestellten Fototechnik entsprechen würde. Sie soll reproduzierbar und kostengünstig für andere Studenten sein, die am Institut für Anatomie der Universität Leipzig neben ihrem eigentlichen Studium promovieren. Von einem erweiterten finanziellen Spielraum ist hierbei nicht auszugehen. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien stellt die in der Arbeit vorgestellte, genauestens erklärte und anschließend verwendete Technik das Optimum dar.

Zur Methode des Messens mit der Reifenprofilmesslehre:

Durch die großen seitlichen Auflageflächen der Messlehre war eine sichere Lagerung im Rahmen der Messung gewährleistet. Es ist nicht auszuschließen, dass es beim Heranführen des Messfühlers an die verschieblichen Gefäße zu kleinen Messungenauigkeiten gekommen ist. Diese sollten den Bereich von einigen hundertstel Millimeter jedoch nicht übersteigen, so dass die gemessenen Abweichungen, verglichen mit Angaben aus der Literatur, dadurch nicht in Frage zu stellen sind.

4.4. Weiterverwendung des Materials und der Erkenntnisse

4.4.1. Weiterverwendung Bildtafeln

Im Rahmen von Fortbildungsveranstaltungen des Instituts für Anatomie der Universität Leipzig oder dem jährlichen Präparierkurs für Zahn- und Humanmediziner können die erarbeiteten Bildtafeln verwendet werden. Auch können sie in

zahnmedizinischen Vorlesungen, z.B. der Parodontologie und Implantologie, eingesetzt werden.

4.4.2. Weiterverwendung DVT Versuchsaufbau

In einer weiteren Studie könnte unter Anwendung des beschriebenen Versuchsaufbaus die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse getestet werden. Des Weiteren sollte an humanen Testpräparaten die Fixierung nach Thiel getestet werden.

4.4.3. Weiterverwendung fotografische Anleitung

Die in Kapitel 2.6 beschriebene Arbeitsweise zur Erstellung qualitativ und ästhetisch ansprechender Fotografien von anatomischen Präparaten ist eine wertvolle Handlungshilfe für kommende Promovenden am Institut für Anatomie der Universität Leipzig, die ebenfalls makroskopisch anatomische Themenkomplexe bearbeiten. Der Aufbau der Fotoeinrichtung ist reproduzierbar und alle verwendeten Programme unkompliziert zu erwerben. Die Kosten bleiben dabei mit ca. 700 € überschaubar, vor allem wenn man bedenkt, dass heutzutage viele Studenten sich im Rahmen des Studiums ohnehin einen Laptop anschaffen. Damit entfielen der größte Kostenblock.

5. Zusammenfassung

Das abschließende Kapitel der Arbeit fasst die Antworten auf die eingangs gestellten Forschungsfragen zusammen.

Zu 1:

Die Arbeit stellt den Zusammenhang zwischen der anatomischen Topographie der A. palatina major und der klinischen Operationssituation im Rahmen der Entnahme eines freien Schleimhauttransplantates in ausführlichen Bildtafeln gegenüber. Es konnte eine Beschreibung von Varianten in Verlauf und Form des Gefäßes erstellt werden. Klinikern ist es somit möglich ein besseres Verständnis für das Operationsgebiet „Seitlicher Gaumen“ zu erlangen.

Zu 2:

Im Rahmen der Überprüfung der Ausdehnung einer sicheren Entnahmeregion wurden geringere Werte, im Vergleich zur beschriebenen Literatur, ermittelt. Die Aussagekraft der Messwerte hat ihre Beschränkungen in Bezug auf die hier vertretene Altersgruppe, bzw. ähnlichen Knochenkonfigurationen. Jedoch lassen sie den Schluss zu, dass in Abhängigkeit vom Alter des Patienten, Zeitpunkt seines Zahnverlustes und Varianten in Verlauf und Form der A. palatina major mit einem deutlich geringem Platzangebot für die Entnahme eines autologen Bindegewebestransplantates gerechnet werden muss. Eine pauschale Anwendung der von Zühr (2012) unter Bezug auf Monet-Corti et al. (2006) angegebenen Werte für eine sichere Entnahmeregion sollte daher vermieden werden. Der Sicherheitsabstand, was die Präparation des Transplantats in die Tiefe angeht, sollte demnach bei älteren Patienten, die zudem im Seitenzahnggebiet seit längerer Zeit Zahnverluste aufweisen, erhöht werden.

Zu 3:

Des Weiteren muss bei der Interpretation der Messwerte neben dem Zustand und Alter der Präparate auch ihre Fixierung in Ethanol-Glycerin Berücksichtigung finden. Der hierzu durchgeführte Versuch zeigte im Wesentlichen zwei Dinge: Der Versuchsaufbau funktioniert und er liefert realistische Werte, gemessen an den Angaben aus der Literatur. Eine Wiederholung des Versuchs sollte dies noch bestätigen.

Zu 4:

Die Erstellung einer Anleitung über den Aufbau eines Fotodokumentationsplatzes und die Durchführung der Fotografie für einen fotografischen Laien ist gelungen. In einem umfangreichen Kapitel wurde beschrieben welche Hard- und Software notwendig ist und welche Einstellungen erforderlich sind, um ansprechende anatomische Objektfotos erstellen zu können. Die Kosten bleiben überschaubar, bedenkt man, dass heutzutage viel Studenten bereits mit einem Laptop ins Studium starten. Da die gesamte Beschreibung im Text der Arbeit in verschiedene Kapitel aufgeteilt wurde, ist sie zusammengefügt – als separate Datei – dem Institut für Anatomie der Universität Leipzig übergeben worden.

6. Verzeichnis der Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Embryonale Gesichtsentwicklung..... | 3 |
| Abb. 2: Embryonale Entwicklung des Gaumens | 4 |
| Abb. 3: Überblick über den knöchernen Gaumen | 4 |
| Abb. 4: Überblick über die Gefäß-Nerven-Bahnen im Gaumen..... | 5 |
| Abb. 5: Schematische Darstellung der Nasennebenhöhlen..... | 6 |
| Abb. 6: Knöcherne Begrenzungen des Sinus maxillaris | 6 |
| Abb. 7: Indikation und Versorgung eines Weichgewebdefektes | 10 |
| Abb. 8: Übersicht Präparierbesteck | 16 |
| Abb. 9: Ablauf der Präparation zur besseren Darstellung der Untersuchungsregion | 18 |
| Abb. 10: Mimische Muskulatur..... | 19 |
| Abb. 11: Suprahyale Muskulatur..... | 19 |
| Abb. 12: Skizze der Entnahmeregion für Bindegewebstransplantate im Gaumen | 20 |
| Abb. 13: Anwendung der Messlehre an einem Präparat | 21 |
| Abb. 14: Querschnitt durch Schweineoberkiefer..... | 24 |
| Abb. 15: Herstellung der Wildschweinpräparate | 25 |
| Abb. 16: Lagerung der Präparate in ihren Lösungen | 26 |
| Abb. 17: Herstellung des humanen Präparates | 27 |
| Abb. 18: Benutzeroberfläche One Volume Viewer | 30 |
| Abb. 19: Vergrößerter Bildausschnitt mit Messung..... | 30 |
| Abb. 20: Lagerung des Präparats zur DVT Aufnahme | 31 |
| Abb. 21: Aufbau Fotodokumentationsarbeitsplatz | 32 |
| Abb. 22.: Bedienoberfläche Remote Capture DC | 33 |
| Abb. 23: Bedienoberfläche ACDSee 8 | 34 |
| Abb. 24: Bedienoberfläche Adobe Photoshop Elements 9 | 35 |
| Abb. 25: Darstellung Beleuchtungszeiten und Schattenentstehung | 37 |
| Abb. 26: Tonwerthistogramm Adobe Photoshop Elements 9 | 39 |
| Abb. 27: Gegenüberstellung der klinischen Entnahme eines freien Schleimhauttransplantates als Full-Flap und einer beispielhaften anatomischen Präparatsituation | 43 |

| | |
|--|----|
| Abb. 28: Gegenüberstellung der klinischen Entnahme eines subepithelialen Schleimhauttransplantates und einer beispielhaften anatomischen Präparatsituation..... | 45 |
| Abb. 29: Gegenüberstellung der klinischen Entnahme eines subepithelialen Schleimhauttransplantates und einer beispielhaften anatomischen Präparatsituation am ganzen Kiefer..... | 47 |
| Abb. 30: Darstellung unterschiedlicher Lage und Formvariationen der A. palatina major an anatomischen Präparaten..... | 49 |
| Abb. 31: Auswertung der Messwerte in Bezug auf den Eckzahn | 51 |
| Abb. 32: Auswertung der Messwerte in Bezug auf den ersten Molar | 51 |
| Abb. 33: Darstellung der Weichgewebsschrumpfung der Wildschwein-Präparate ... | 54 |
| Abb. 34: Darstellung der knöchernen Schrumpfung der Wildschwein-Präparate | 54 |
| Abb. 35: Darstellung der Weichgewebsschrumpfung des Humanpräparats | 55 |
| Abb. 36: Darstellung der Knochengewebsschrumpfung des Humanpräparats..... | 55 |
| Abb. 37: Darstellung der Auswirkung zusätzlicher Beleuchtung | 56 |
| Abb. 38: Darstellung der Auswirkung gerichteter Ausleuchtung auf den Kontrast | 56 |
| Abb. 39: Bilderserie mit veränderter Beleuchtung | 57 |
| Abb. 40: Bilderserie zur vollständigen Nachbearbeitung eines Bildes | 58 |
| Abb. 41: Darstellung des Zugangsweges zum Sinus maxillaris..... | 58 |
| Abb. 42: Ausgangsbilder und Ergebnis des HDR-Verfahren | 59 |

7. Verzeichnis der Tabellen

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Begrenzung des Sinus maxillaris | 6 |
| Tabelle 2: Beschreibung des Verfahrens zur Entnahme subepithelialer Bindegewebstransplantate | 9 |
| Tabelle 3: Angaben zum Ausgangszustand der vorliegenden Humanpräparate | 13 |
| Tabelle 4: Maße für Zähne | 21 |
| Tabelle 5: Ergebnis zum Schrumpfverhalten von Knochen | 22 |
| Tabelle 6: Vergleich Versuchsaufbau Gedrange vs. Knepper | 23 |
| Tabelle 7: Angaben zu Dentalem Volumetomographen | 29 |
| Tabelle 8: Fixierung der Wildschweinpräparate | 26 |
| Tabelle 9: Zusammenfassung der Varianten der A. palatina major | 48 |
| Tabelle 10: Ergebnisse der Vermessung der A. palatina major | 50 |
| Tabelle 11: Ergebnisse der Vermessung der Wildschwein-Präparate | 52 |
| Tabelle 12: Ergebnisse der Vermessung des humanen Präparates..... | 55 |

8. Literaturverzeichnis

Auto Exposure Erklärung | Foto ABC. Online verfügbar unter <http://www.kabor.de/foto-abc/Auto-Exposure-A.html>, zuletzt geprüft am 11.08.2015.

Aumüller G. Anatomie. 208 Tabellen. Stuttgart: Thieme (Duale Reihe) 2007.

Axhausen, G. Die pathologisch-anatomischen Grundlagen der Lehre von der freien Knochentransplantation beim Menschen und beim Tiere. Wien, Berlin: Urban & Schwarzenberg (Beihefte zur Medizinischen Klinik, 4 Jahrg., Heft 2, 1908).

Beatty, RL, Harris G, Bauman GR et al. (1993): Intraoral palatal mucosal graft harvest. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 1993; 9: 120–124.

Becker KW. Materialien und Kommentare zum Anatomischen Prosekturwesen. 3. Auflage. Homburg/Saar: Medizinische Fakultät der Universität des Saarlandes 2002.

COMM/ENTR/C1: CE marking - Basics and FAQs - European Commission. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/enterprise/policies/single-market-goods/cemarking/about-ce-marking/index_en.htm 2010, zuletzt aktualisiert am 07.11.2014, zuletzt geprüft am 19.11.2014.

Del Pizzo M, Modica F, Bethaz N et al. The connective tissue graft: a comparative clinical evaluation of wound healing at the palatal donor site. A preliminary study. *J Clin Periodontol* 2002; 29: 848–854.

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde: S1 Empfehlung Dentale Volumentomographie (DVT). Online verfügbar unter http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/S1_Empfehlung_Dentale_Volumentomographie.pdf 2009, zuletzt geprüft am 11.08.2015.

Fickl S, Thalmeier T. Ersatzmaterialien für Weichgewebe in der plastischen Parodontal- und Implantatchirurgie. *Quintessenz* 2013; 64: 931–937.

Fuhr K, Reiber T. Die Totalprothese. München u.a.: Urban & Schwarzenberg; 1993.

Gauthier A, Lézy JP, Vacher C. Vascularization of the palate in maxillary osteotomies: anatomical study. *Surg Radiol Anatomy* 2002; 24: 13–17.

Gedrange T. Evaluation of shape and size changes of bone and remodelled bone substitute after different fixation methods. *J Physiol Pharmacol*; 2008; 59: 87-94.

Hammer N, Loeffler S, Feja C, Sandrock M, Schmidt W, Bechmann I, Steinke H. Ethanol-glycerin fixation with thymol conservation: A potential alternative to formaldehyde and phenol embalming. *Anat Sci Educ* 2012; 5: 225-233.

Hammer N, Loeffler S, Bechmann I, Steinke H, Hadrich C, Feja C. Comparison of modified Thiel embalming and ethanol-glycerin fixation in an anatomy environment: Potentials and limitations of two complementary techniques. *Anat Sci Educ* 2015; 8: 74–85.

Handbuch der Printmedien. Technologien und Produktionsverfahren; Windows Version (2000). Berlin: Springer.

Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. 5. Aufl. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag 2009.

Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP et al. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128: 803–811.

Honda K, Arai Y, Kashima M, et al. Evaluation of the usefulness of the limited cone-beam CT (3DX) in the assessment of the thickness of the roof of the glenoid fossa of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radio* 2004; 33: 391–395.

Hürzeler MB, Weng D. A single-incision technique to harvest subepithelial connective tissue grafts from the palate. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1999; 19: 279–287.

Institut für Anatomie der Universität Leipzig. Präparieranleitung zum makroskopisch – anatomischen Kurs Humanmedizin. Institut für Anatomie, Universität Leipzig, Leipzig 2014.

J. Morita Europe GmbH. Bedienungsanleitung Veraviewepocs 3df R100/f40. Dietzenbach 2012, S. 147–152.

JPEG - About JPEG. Online verfügbar unter <http://www.jpeg.org/about.html>, 2014, zuletzt aktualisiert am 03.11.2014, zuletzt geprüft am 20.11.2014.

Karring T, Lang NP, Loe H. The role of gingival connective tissue in determining epithelial differentiation. *J. Periodont. Res* 1975; 10: 1–11.

Karring T, Ostergaard E, Loe H. Conservation of tissue specificity after heterotopic transplantation of gingiva and alveolar mucosa. *J Periodontal Res* 1971; 6: 282–293.

Klaßen R. Einstieg in Photoshop Elements 9. Ihre Fotos einfach bearbeiten. 1. Aufl. Bonn: Galileo Press (Galileo Design) 2011.

Klosek SK, Rungruang T. Anatomical study of the greater palatine artery and related structures of the palatal vault: considerations for palate as the subepithelial connective tissue graft donor site. *Surg Radiol Anat* 2009; 31: 245–250.

Kunz G. Untersuchungen zur Konservierung von biologischen Materials unter dem Aspekt der Formaldehydreduzierung. *Der Präparator* 1991; 38: 63–74.

Monnet-Corti V, Santini A, Glise J, et al. Connective tissue graft for gingival recession treatment: Assessment of the maximum graft dimensions at the palatal vault as a donor site. In: *J Periodontol* 2006; 77: 899–902.

Mühlreiter E. Anatomie des menschlichen Gebisses. Mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Zahnersatzkunde. 3., revidierte Aufl. Leipzig: Felix; 1912.

Mühlreiter E, Jonge-Cohen, Th. E. de. Mühlreiters Anatomie des Menschlichen Gebisses. Mit Beiträgen aus dem anatomischen Laboratorium der Universität von Amsterdam. 5. Aufl. Leipzig: Felix; 1928.

Oates TW, Robinson M, Gunsolley JC. Surgical therapies for the treatment of gingival recession. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003; 8: 303–320.

Oliver RC, Loe H, Karring T. Microscopic evaluation of the healing and revascularization of free gingival grafts. In: *J Periodontal Res* 1968; 3: 84–95.

Pilzwegger E. Komplikationen bei Nasennebenhöhlenoperationen. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München 2008.

Reiser GM, Bruno JF, Mahan PE, et al. (1996): The subepithelial connective tissue graft palatal donor site: anatomic considerations for surgeons. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996; 16: 130–137.

Schulze S. Kurzlehrbuch Embryologie. Kurzlehrbuch zum Gegenstandskatalog, 1. Aufl. München [u.a.]: Elsevier, Urban & Fischer (Vorklinik) 2006.

Sicher H, Bhaskar SN. Orban's oral histology and embryology. 7. ed. Saint Louis: Mosby 1972.

Studer SP, Allen EP, Rees TC et al. The thickness of masticatory mucosa in the human hard palate and tuberosity as potential donor sites for ridge augmentation procedures. J Periodontol 1997; 68: 145–151

Suomalainen A, Vehmas T, Kortenesniemi M, et al. (2008): Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 2008; 37: 10–17.

Unger S, Blauth M, Schmoelz W. Effects of three different preservation methods on the mechanical properties of human and bovine cortical bone. Bone 2010; 47: 1048–1053

Veyre-Goulet S, Fortin T, Thierry A. Accuracy of linear measurement provided by cone beam computed tomography to assess bone quantity in the posterior maxilla: a human cadaver study. Clin Implant Dent Relat Res 2008; 10: 226–230.

Wacker A. Anatomische Voraussetzungen für pedale Bypass-Revaskularisationen. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig 2012.

Zierl R. Technische Fotografie. Für Naturwissenschaftlicher, Mediziner und Ingenieure. München: Pearson Studium (Scientific tools) 2007.

Zuhr O, Hürzeler B, Hürzeler M. Plastisch-ästhetische Parodontal- und Implantatchirurgie. Ein mikrochirurgisches Konzept. Berlin [u.a.]: Quintessenz-Verl. 2012.

9. Danksagung

Zu allererst möchte ich mich herzlich bei meiner Betreuerin Frau PD Dr. med. Sabine Löffler bedanken. Danke für Deine unendliche Geduld über die vier Jahre, v.a. für Dein Verständnis nach der Abänderung der Themenstellung. Danke für Deine Unterstützung im Rahmen der Präparation, Deine guten Ratschläge zum Aufbau und zur Gestaltung der einzelnen Kapitel. Danke für die Chance, diese Arbeit schreiben zu dürfen.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Dr. med. Thomas Barth bedanken. Vielen Dank für ihre zahlreichen Fotografien von Patientenfällen, für die Nutzung des Chirurgiemotors und natürlich auch für die Teilnahme an ihrer Fortbildungsveranstaltung, im Rahmen derer ich meine Arbeit vorstellen durfte.

Herrn Dipl.-Ing. Detlef Scholich (Funkelektronik STS Dresden GmbH, Dresden) danke ich für seine enorme Unterstützung im Rahmen der Fotografie. Danke für die tiefen Einblicke in die Theorie, aber vor allem für die große Hilfe bei der Herstellung des Arbeitsplatzes und den guten Tipps für die Software zum Nachbearbeiten.

Ich bedanke mich auch bei den Sektionstechnikern des Instituts für Anatomie der Universität Leipzig: Herrn Oehme, Herrn Köllner und Herrn Deubel. Immer wenn mir gerade eine helfende Hand oder ein entsprechendes Gerät gefehlt hat, waren sie zur Stelle und halfen mir umgehend. Vielen Dank dafür.

Meinen Eltern danke ich für die Ermöglichung und Unterstützung meines Studiums. Ohne Euch wäre das alles nicht machbar gewesen. Auch bedanke ich mich für die Nutzung des DVTs und Praxislabors. Beides vereinfachte meine Versuche enorm.

Meiner Freundin Anna Lena Sieber danke ich von ganzem Herzen allen voran für ihre moralische Unterstützung während der gesamten Zeit. Ich liebe Dich.

10. Erklärung eigenständige Abfassung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der Arbeit beteiligt waren.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

Anlagen

Im Rahmen des Anhangs seien besondere Leistungen im Rahmen der Promotion erwähnt. Dies sind im Einzelnen:

- Vorstellung des Posters „Implantologische OP-Situationen im Vergleich mit dem anatomischen Humanpräparat“ im Rahmen des 10. Research Festivals der Universität Leipzig, Leipzig 2011
- Vorstellung des Posters “Comparison between clinical OP situations and human dissected specimen” im Rahmen des 107. Kongresses der Anatomischen Gesellschaft, Frankfurt 2012
- Veröffentlichung des Artikels „Verlauf der Arteria palatina major unter dem Aspekt der Entnahme autologer Bindegewebestransplantate aus dem Gaumen“ im Fachmagazin Quintessenz (Ausgabe 2/2016)

Anlage 1: Zusammengefasste Anleitung zur Fotografie

Dieser Anhang fasst die Kapitel 2.5 sowie 3.3. – 3.6. der Arbeit zusammen. Er kann nachfolgenden Promovenden als Anleitung zur Verfügung gestellt werden.

1. Fotografische Dokumentation und Nachbearbeitung

In diesem Kapitel erfolgt eine ausführliche Beschreibung der für die fotografische Dokumentation verwendeten Hard- und Software. Es schließt sich eine Übersicht über theoretische Grundlagen der Fotografie an, wobei insbesondere auf die Herausforderungen bei der Fotografie anatomischer Präparate eingegangen wird. Im letzten Abschnitt wird erläutert, wie die Fotos sortiert, archiviert und nachbearbeitet wurden, um den Ansprüchen einer wissenschaftlichen Arbeit gerecht zu werden.

1.1. Verwendete Hardware

Im folgenden Kapitel werden alle für die Fotodokumentation verwendeten Geräte erläutert.



Abb. 1: Aufbau Fotodokumentationsarbeitsplatz

Kamera: Canon Power Shot SX 110 IS, 9 Megapixel, 10x optischer Zoom, ISO-Werte von 80 - 1600, Blendweiten von 1,6 – 6,0. Firma: Canon Deutschland GmbH, Krefeld, Deutschland. (Kosten ca. 130€)

Laptop: ASUS G74S mit Windows7 64Bit und 17 Zoll Monitor. Der Laptop ermöglicht zwei wesentliche Dinge: 1. das berührungsfreie Bedienen der Kamera und 2. die sofortige Qualitätskontrolle der Bilder auf einem großen Bildschirm. Die kleinen Bildschirme heutiger Digitalkameras reichen nicht aus, um eine sofortige Aussage über die Qualität zu treffen.

Oftmals ist erst zu Hause am PC das Ergebnis sichtbar. Diese Fehlerquelle wird hiermit ausgeschaltet. Firma: ASUSTeK COMPUTER INC., Taipei, Taiwan. (Kosten eines 17 Zoll Laptops ca. 400 - 500€)

Fototisch: Eigenbau. Sperrholzplatte (Länge 38cm, Breite 32cm) auf rutschfesten Gummipöppeln - ermöglicht das genaue Platzieren des Präparates unter dem Fotostativ, dem er außerdem als Haltepunkt dient. (Kosten ca. 20 €)

Stativ: Eigenbau. Aluminiumgestänge mit Messlehre an Vorderseite zur Wiederherstellbarkeit von verwendeten Aufnahmeabständen (von min. 10cm bis max. 56cm). Daran befestigt ist ein höhenverstellbarer Schieber, an dem o.g. Kamera aufgeschraubt werden kann. Der Abstand von Stativ selbst und die Höhenverstellbarkeit ermöglichen bei jedem Präparat einen optimalen Kamerawinkel direkt von oben. (Kosten ca. 40€)

Lampen: Somikon Stativ-Fotolampen. Höhen- (39 – 53cm) und neigungsverstellbar, E27 Fassung. Tageslichtleuchten der Firma SILI Modell SuperMiniSpiral T2 mit 230V, 11W und einer Farbtemperatur von 5500 Grad Kelvin jeweils mit separatem Stromanschluss. Ihre Funktion wird im nächsten Kapitel ausgiebig erläutert. Firma: PEARL.GmbH, Buggingen, Deutschland. (Kosten ca. 90€)

1.2. Verwendete Software

Im folgenden Kapitel werden alle für die Fotodokumentation verwendeten Programme beschrieben.

Remote Capture DC (Abb. 7): Schnittstellensoftware zwischen Kamera und Laptop zur Steuerung aller Kamerafunktionen über den Laptop. Ermöglicht vollständig berührungsfreies Einstellen und Auslösen der Kamera. Das Programm ist kostenlos erhältlich. Firma: Canon Deutschland GmbH, Krefeld, Deutschland

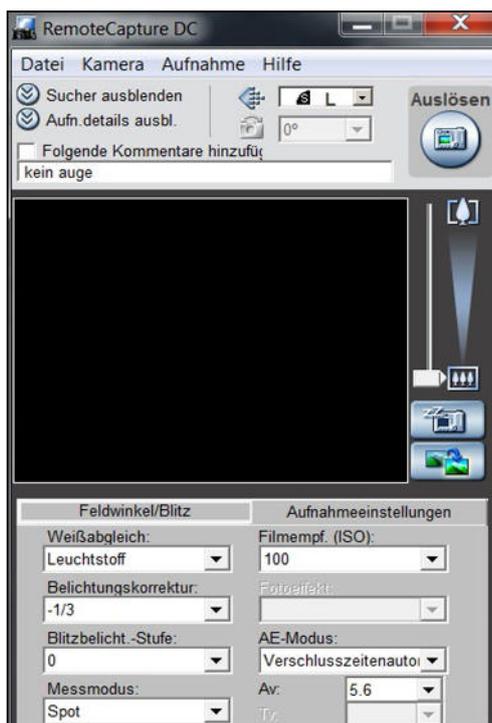


Abb. 2.: Bedienoberfläche Remote Capture DC

ACDSee8 (Abb. 3): Bildbetrachtungs- und Katalogisierungssoftware. Während der Aufnahmen ermöglicht das Programm die sofortige Betrachtung der Bilder auf dem 17 Zoll Monitor, es kann innerhalb von Sekunden das Bild gedreht und gezoomt werden, um die Qualität der Tiefenschärfe und des Kontrasts besser beurteilen zu können. Firma: ACD Systems, Seattle, United States of America. (Kosten ca. 50€)

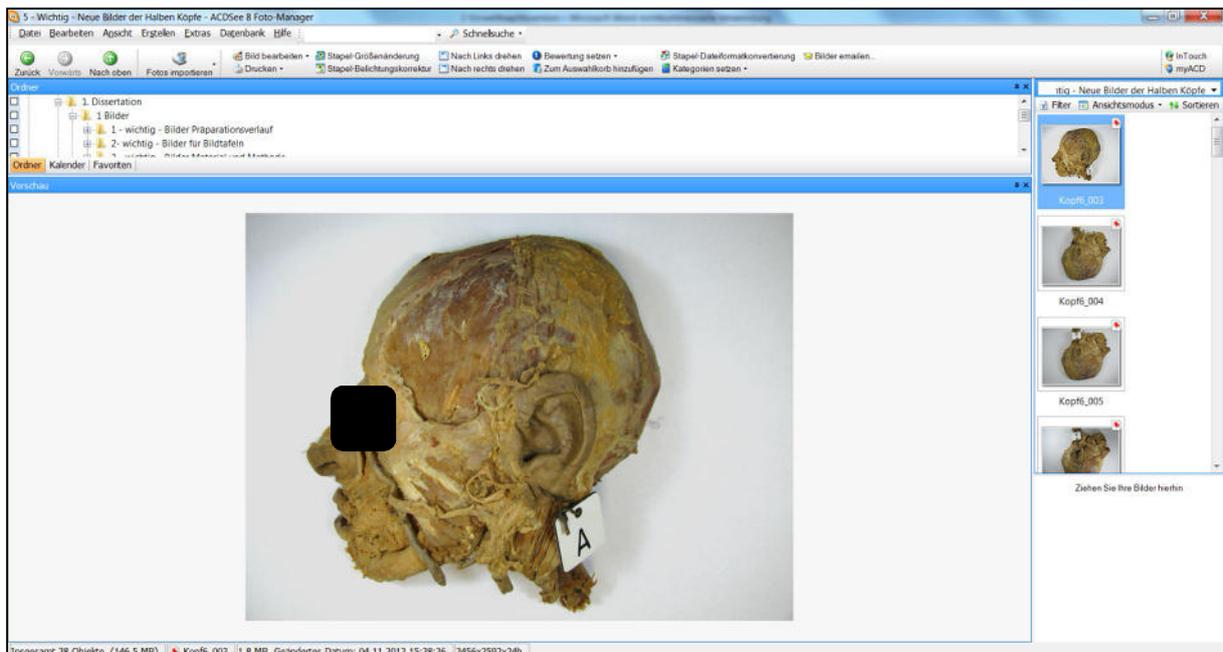


Abb. 3: Bedienoberfläche ACDSee 8

Adobe Photoshop Elements 9 (Abb. 4): Bildnachbearbeitungssoftware, im Wesentlichen zur Feinjustierung der Helligkeit und des Kontrasts, sowie des Austauschs des Hintergrunds auf ein einheitliches Niveau für alle Bilder, die in den späteren Bildtafeln verwendet wurden. Zudem lassen sich in dem Programm die Bilder zuschneiden und in verschiedenen Qualitäten abspeichern, was zu einer vereinfachten Handhabung der Datenmengen führt. Firma: Adobe Systems GmbH, München, Deutschland. (Kosten ca. 55€)

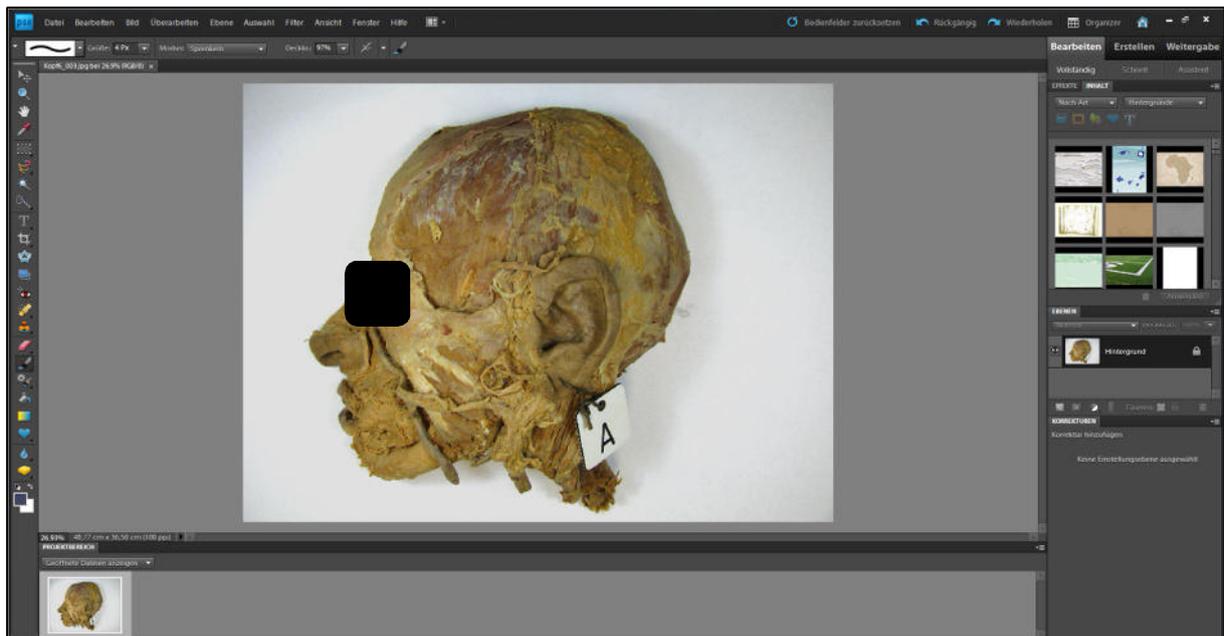


Abb. 4: Bedienoberfläche Adobe Photoshop Elements 9

1.3. Theoretische Grundlagen

In diesem Teil werden die wesentlichen Grundlagen, die für eine wissenschaftliche ansprechender Objektfotografie benötigt werden, erläutert. Dazu bedarf es zunächst einiger Definitionen von Begriffen, die im weiteren Verlauf verwendet werden.

ISO-Empfindlichkeit: Die ISO Einteilung gibt die Lichtempfindlichkeit des verwendeten Films bzw. Speichermediums an. Je niedriger der ISO Wert, desto mehr Bildinformationen werden auf den Film gespeichert. Die Einstellungsmöglichkeiten reichen von 80-1600. Verwendet wurde ISO 100, um dem sogenannten Bildrauschen entgegenzuwirken. Das Bildrauschen beschreibt ein Phänomen in der Fotografie, das mit zunehmender Lichtempfindlichkeit des Films verstärkt auftritt. Bei diesem Rauschen, handelt es sich um eine Verschlechterung des endgültigen Bildmaterials durch die Verstärkung von für das Bild irrelevanten Informationen. Diese Verschlechterung erscheint als grobe Körnung im endgültigen Bild (Zierl 2007).

Belichtungszeit: Die Belichtungszeit beschreibt die Zeit, in der das lichtsensible Medium einer Kamera zur Bildaufnahme mit Licht in Kontakt kommt. Zusammen mit der Blendenöffnung bestimmt die Belichtungszeit die Lichtmenge, die auf den Sensor aufkommt. Bei eingestellter Empfindlichkeit (ISO 100) führt nur die richtige Belichtungsdauer zu

genügend ausgeleuchteten Bildern. Bei dieser Einstellung ist zu beachten, dass bei ungenügender Belichtungszeit die Bilder als unterbelichtet (zu dunkel) erscheinen, bei zu langer Belichtungszeit aber neben Überbelichtung auch Unschärfe entstehen kann. Schafft man, wie später beschrieben, konstant gute Lichtverhältnisse, muss diese Einstellung nicht bei jedem Präparat neu justiert werden (Zierl 2007).

Blendenöffnungsweite: Die Blende steuert die Stärke der Beleuchtung des Bildsensors. Je größer die Blendenzahl ist, desto weniger Licht kann durch das Objektiv dringen. So wird zusammen mit der Belichtungsdauer die Belichtung des Sensors geregelt. Weiterhin beeinflusst die Blende die Tiefenschärfe (Zierl 2007).

Tiefenschärfe: Mit größerer Blendenzahl und daraus resultierender kleinerer Blendenöffnung wird nicht nur die eintreffende Lichtmenge verringert, sondern auch die Unschärfekreise werden durch den spitzeren Lichtkegel kleiner. Folglich vergrößert sich der Bereich des Motivs, der noch als scharf wahrgenommen wird. Der Bereich der scharfen Abbildung (Schärfentiefe) nimmt beim Schließen der Blende also zu. Zusammenfassend gilt: Je größer die verwendete Blende ist, desto größer ist die Tiefenschärfe und desto kleiner die Blendenöffnung. Es empfiehlt sich eine Blendeneinstellung, die genügend Licht hindurch lässt, um die Belichtungszeit nicht zu sehr zu verlängern, und trotzdem eine ausreichende Tiefenschärfe bietet (Zierl 2007). Für die meisten Aufnahmen wurde daher eine Blende 5,6 verwendet.

Nachdem wesentliche Begriffe geklärt wurden, wird nachfolgend auf die Probleme eingegangen, die bei der Objektfotografie von anatomischen Präparaten zu lösen sind.

Licht und Ausleuchtung: Das wichtigste für ein gutes Foto ist das zur Verfügung stehende Licht. Dieses wird in °K gemessen. Die Arbeitsräume des Instituts für Anatomie Leipzig werden hauptsächlich von Leuchtstoffröhren ausgeleuchtet, die etwa eine Farbtemperatur von 2.600 °K aufweisen. Die durchschnittliche Temperatur von Tageslicht beträgt etwa 6000 °K. Die normale Beleuchtung der Räume ist also nicht ausreichend, denn je geringer die Farbtemperatur des umgebenden Lichts desto größer sind die rot-gelb Anteile und desto kleiner ist der blaue Anteil (Zierl 2007). Da anatomische Präparate per se einen sehr einheitlichen Farbton haben, der schon ins gelbliche geht, ist eine natürliche Ausleuchtung umso entscheidender für ein gutes Foto. Um ein Präparat so natürlich wie möglich

abzubilden, werden demnach separate Leuchten benötigt. Verwendet wurden hierzu Hallogenstrahler mit einer Farbtemperatur von 5500 °K, was Tageslicht sehr nahe kommt. Das Ergebnis ist in Abb. 7 dargestellt.

Wie bereits erwähnt ist ein Problem anatomischer Präparate ist die sehr ähnliche Farbe aller Strukturen. Um hier Unterschiede herauszuarbeiten, benötigt man einen höheren Kontrast. Dieser wiederum kann nur durch mehr Licht und dessen gezielten Einsatz erzeugt werden. Dies ist ein weiterer Vorteil von zusätzlicher Beleuchtung: die Möglichkeit, gezielt wichtige Bereiche stärker zu belichten, um dort mehr Kontrast zu erzeugen. Das Ergebnis gerichteter Beleuchtung zeigt Abb. 8.

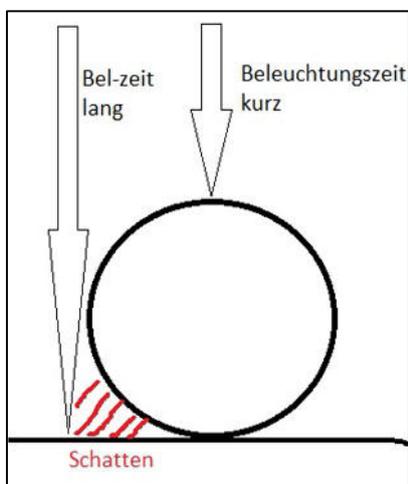


Abb. 5: Darstellung Beleuchtungszeiten und Schattenentstehung

Ein weiteres Problem der Fotografie der Präparate für diese Arbeit war ihre kugelige oder halbkugelige Form. Das Licht erreicht Stellen des Präparates, die näher am Objektiv liegen, schneller als jene, die weiter entfernt liegen. Und es gibt Bereiche, die nur wenig oder gar kein Licht erhalten. Hier entsteht Schatten. Die Abb. 5 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Die Problematik ergibt sich aus der oben erwähnten Tiefenschärfe. Um eine möglichst hohe Tiefenschärfe zu erzielen, um also den nahen und den entfernten Teil des Präparats gleichermaßen gut

abzubilden, ist eine kleine Blende mit einer kurzen Brennweite empfehlenswert. Im Ergebnis sehen alle Bereiche etwa gleich scharf aus. Möchte man hingegen ganz bewusst den Fokus auf eine bestimmte Stelle des Präparates richten, sollte eine größere Blende verwendet werden.

Detailfotografie: Da das Präparat auf dem Objektisch verschoben werden kann, war es immer möglich, den wesentlichen Teil des Präparates in die Bildmitte zu rücken. Somit konnte stets mit dem Autofokus gearbeitet werden. Dieser stellt gezielt den Bildmittelpunkt als schärfstes Areal dar. Will man diesen Effekt noch verbessern, muss man zunächst das Objektiv auf den Modus „Makro“ umstellen. Weiterhin kann man den Messbereich von dem Modus „Fläche“ auf „Spot“ verändern, womit die Belichtung nur noch in der Bildmitte ausschlaggebend für die Fokussierung ist. Weitere Detailschärfe bringt nun die Umstellung

auf eine höhere Blende (z.B. 8) und unter Umständen die Reduzierung des ISO-Wertes auf 80.

1.4. Durchführung

Das Präparat wird so positioniert, dass der wesentliche Bereich exakt in der Bildmitte ist. Die Kamera sollte sich hierbei nicht im Zoommodus befinden. Besser ist es, für eine Detailaufnahme die Kamera selbst näher an das Präparat zu bringen. Stimmt diese Grundeinstellung, können die beiden Lampen in Position, Höhe und Neigung so eingestellt werden, dass der gewünschte Bereich zunächst gleichmäßig ausgeleuchtet ist. Folgende Grundeinstellung werden im Programm Remote Capture DC vorgenommen

a) Für Übersichtsaufnahmen :

- Autofokus ein und entsperren
- Messmodus auf „Fläche“
- AE-Modus¹ auf Verschlusszeitenautomatik mit einer Blende von mindestens 5,6
- Weißabgleich i.d.R. auf „Leuchtstoffröhre“
- ISO 100

b) Für Detailaufnahmen:

- Autofokus ein und unter Umständen bei guter Einstellung, die nicht mehr verändert werden soll „sperren“
- Messmodus auf „Spot“
- AE-Modus Verschlusszeitenautomatik mit einer Blende von mindestens 8
- Weißabgleich i.d.R. „Leuchtstoffröhre“
- ISO unter Umständen auf 80

¹ Auto Exposure = Belichtungsautomatik, wird auch Programmautomatik genannt. Macht alle zur Belichtung nötigen Einstellungen selber, lässt gegenüber der Vollautomatik aber noch einige Verstellmöglichkeiten zu (Auto Exposure Erklärung | Foto ABC)

Mit dieser Grundeinstellung werden einige Probefotos erstellt, die man im parallel geöffneten ACDSee8 sofort betrachtet und hinsichtlich der Tiefenschärfe und Ausleuchtung beurteilt. Die Tiefenschärfe kann man am besten durch Zoomen des Bildes auf eine sehr filigrane Struktur überprüfen. In diesem Fall z.B. die Nasenhaare. Erkennt man bei 4facher Vergrößerung noch jedes einzelne einwandfrei, sind die Einstellungen gut und können weiter verwendet werden. Zur Belichtungsbeurteilung sollte das Histogramm des Bilds angesehen werden. Fehlen wesentliche Anteile im blauen Bereich, sollte die Beleuchtung verändert werden. Sind die Ergebnisse zufriedenstellend, können die eigentlichen Aufnahmen beginnen. Dabei erweist sich das Arbeiten zu zweit als vorteilhaft. Gute kontrastreiche Fotos ergeben sich oft in vielen Versuchen unterschiedlicher Beleuchtung. Es ist günstig, wenn ein Helfer sich um die stetige Veränderung der Beleuchtung kümmert, indem er eine oder beide Lampen in die Hände nimmt und in verschiedenen Winkeln neu positioniert, während der Fotograf die Wirkung auf dem Bildschirm verfolgt und sagen kann, wann ein gutes Motiv entsteht und die Kamera auslöst. Abb. 9 eine solche Beleuchtungsserie.

1.5. Nachbearbeitung der Bilder

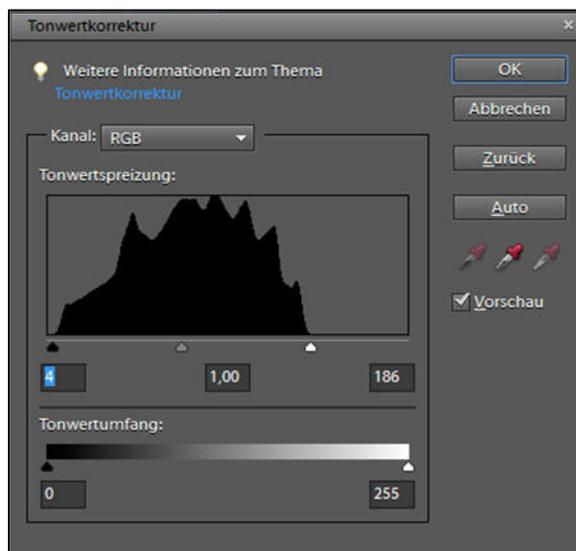


Abb. 6: Tonwerthistogramm Adobe Photoshop Elements 9

Die Bildnachbearbeitung im Programm Adobe Photoshop Elements 9 startet immer mit einer Überprüfung des Tonwerthistogramms eines Bildes. Darin ist ersichtlich, wie gut es ausgeleuchtet worden ist und welchen Umfang der Tonwerte² es beinhaltet. Sind zu wenige Informationen über besonders dunkle oder helle Bereiche enthalten, lässt sich das Histogramm per Schieberegler so justieren, dass die im Bild vorhandenen Informationen den neuen Tonwertumfang widerspiegeln

und die Beleuchtung natürlicher wirkt. In einem zweiten Schritt wird das Bild gedreht (wenn

² bezieht sich auf die unterschiedlichen Stufen zwischen Hell und Dunkel eines Farb- oder Schwarzweiß-Bildes (Handbuch der Printmedien 2000)

erforderlich) und auf die wesentliche Größe zurecht geschnitten, um unnötige Randinformationen zu entfernen und somit die Dateigröße aber auch die eigentliche Darstellung auf das Wesentliche zu beschränken. Anschließend werden die verbliebenen Hintergrundbereiche erfasst und mit einer einheitlichen Farbe (in der Arbeit hauptsächlich Weiß) versehen. Feinkorrekturen bei der Helligkeits- und Kontrasteinstellungen runden die Bearbeitung ab (Klaßen 2011). Die vollständige Nachbearbeitung eines Bildes beschreibt die Abb. 10.

Das fertige Bild wird stets als Kopie des Originals gespeichert, um nachvollziehen zu können wie es bearbeitet wurde. Dabei wird das JPEG³-Format genutzt, bei einer ausgewogenen Einstellung von Qualität und Komprimierung. Somit behalten die fertigen Dateien eine durchschnittliche Größe von etwa 1,5 MB mit der Option, sie weiter zu komprimieren, falls für das Einfügen in die Arbeit oder zum Versenden per Email erforderlich. Gleichzeitig können aus der Rohdatei auch höher auflösende Versionen (z.B. für Poster, Präsentationen) hergestellt werden.

Bei der vorhandenen Anzahl an Präparaten und somit zahlreichen Fotos von jedem einzelnen, droht die Gefahr, den Überblick über die Dateien zu verlieren. Hier kommt die Bildkatalogisierungssoftware ACDSee8 (Fa. ACD Systems, Seattle, United States of America) zum Einsatz. Sie erfasst zunächst alle Bilder die sich auf einem Computer befinden, ganz egal in welchem Ordner man sie abgespeichert hat. Das erspart die Suche in vielen Unterordnern. Ein weiterer großer Vorteil des Programms ist die Möglichkeit, Bilder zu bewerten und zu kommentieren. In einer Bewertungsskala von 5 Stufen ist es möglich dem Bild Noten geben. Später lassen sich per Filter z.B. nur die Bilder mit einer Note 1 heraussuchen. Außerdem werden zu jedem Bild die Aufnahmedetails gespeichert, wie z.B. ISO-Einstellung, Blende, Belichtung etc. So lassen sich die Einstellungen eines besonders gut gelungen Bildes reproduzieren.

³ ist die gebräuchliche Bezeichnung für die 1992 vorgestellte Norm ISO/IEC 10918-1 bzw. CCITT Recommendation T.81, die verschiedene Methoden der [Bildkompression](#) beschreibt. Die Bezeichnung „JPEG“ geht auf das Gremium Joint Photographic Experts Group zurück, das die JPEG-Norm entwickelt hat (JPEG - 2014).

2. Ergebnisse der Fotodokumentationen anatomischer Präparate

Die Abb. 7 stellt Bilder mit und ohne zusätzliche Ausleuchtung gegenüber. Beide Bilder sind nicht nachbearbeitet, sondern stellen das reine Aufnahmeergebnis dar. Zu sehen ist, neben der an sich schlechteren Beleuchtung in Abb. 7a, auch seine Gelbstichigkeit. Die Farben wirken unnatürlich und wenig kontrastreich. Im Gegensatz dazu Abb. 7b.

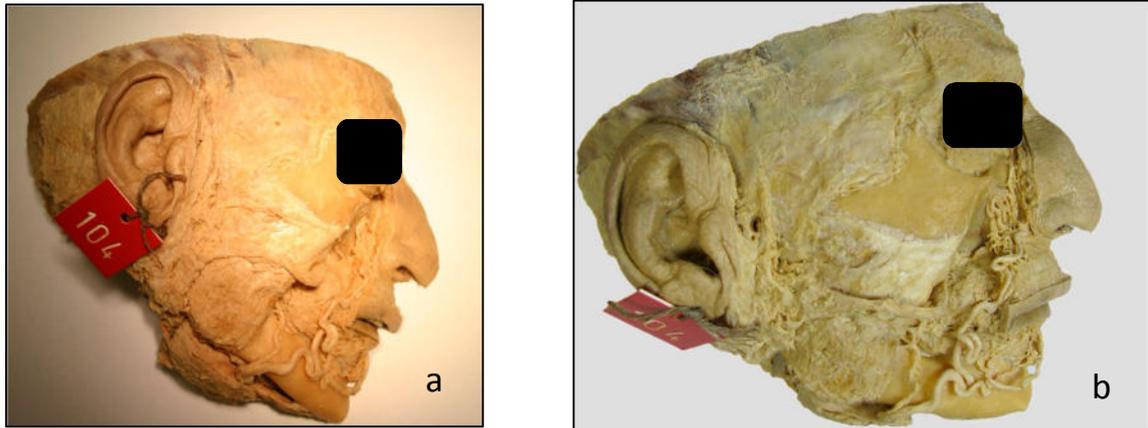


Abb. 7: Darstellung der Auswirkung zusätzlicher Beleuchtung, rechts ohne – links mit Tageslichtlampen

Die Abb. 8a und b zeigt zwei exakt gleiche Aufnahmesituationen mit leicht veränderter Beleuchtung. Abb. 8b weist einen deutlichen besseren Kontrast, in der für den Betrachter wichtigen Region, auf. Auch diese Bilder wurden nicht bearbeitet, sondern stellen das reine Aufnahmeergebnis dar.

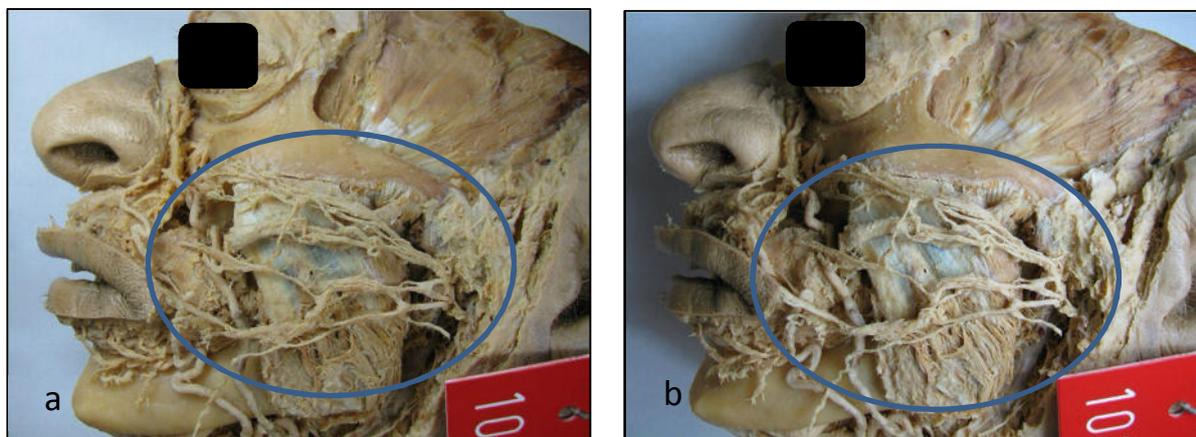


Abb. 8: Darstellung der Auswirkung gerichteter Ausleuchtung auf den Kontrast

Abb. 9a bis e zeigen die Vorteile des Arbeitens zu zweit, wobei ein Helfer die Beleuchtung des Bildes stets veränderte und der Fotograf am Laptop, im Falle guter Kontraste, den Auslöser betätigte. Zu erkennen ist, wie unterschiedlich stark kontrastiert sich der wesentliche Bereich (blaue Markierung) des Präparates darstellt. Dadurch ergibt sich später eine größere Auswahlmöglichkeit an Bildern, je nachdem worauf der Fokus des Betrachters besonders gelenkt werden soll.

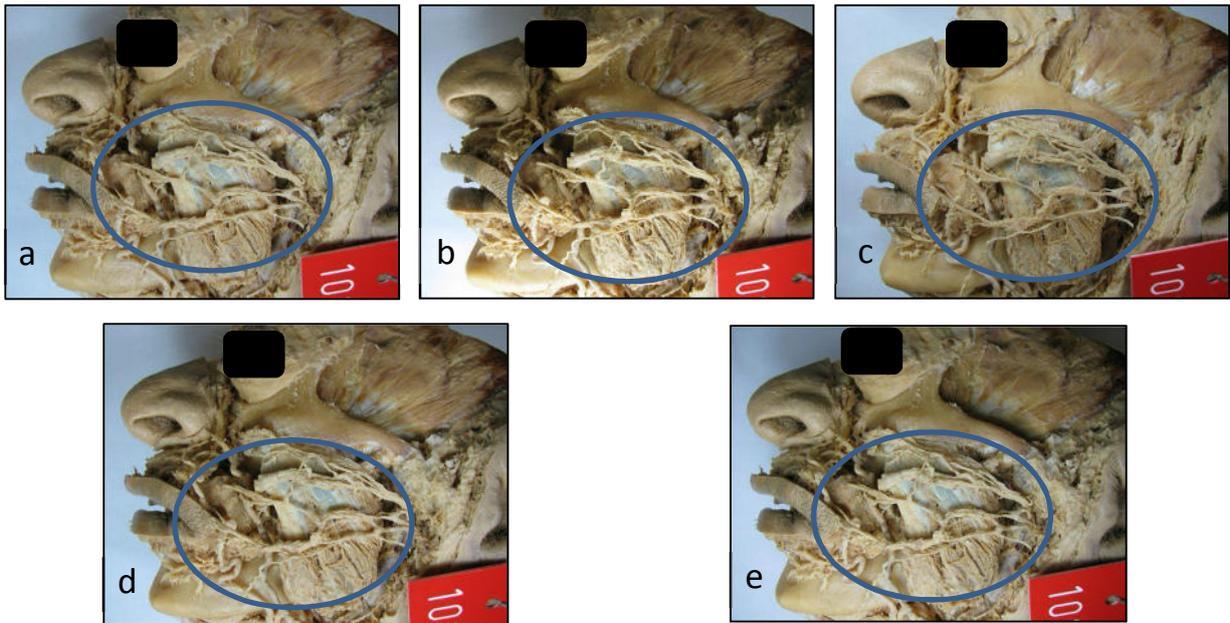


Abb. 9: Bilderserie mit veränderter Beleuchtung

Die Abb. 10a bis f zeigt die vollständige Nachbearbeitung einer mit der in Kap. 0 beschriebenen Ausrüstung erstellten Aufnahme. Abb. 10a stellt den Ausgangszustand der Fotografie dar. In Abb. 10b ist das Ergebnis der Tonwertkorrektur zu sehen. Die Drehung in die korrekte Blickrichtung zeigt Abb. 10c. In Abb. 10d ist die Entfernung des unerwünschten Hintergrundes und dessen Ersatz durch einen einheitlichen, in diesem Fall weißen, Hintergrund dargestellt. Abb. 10e zeigt wie einige Bereiche noch einmal in Helligkeit und Kontrast nachjustiert wurden, um ein natürlicheres Gesamtbild zu erzielen. Dieses Bild ist das Endergebnis der Bearbeitung und Ausgangspunkt für alle weiteren Verwendungen im Rahmen der Arbeit. Abb. 10f zeigt eine davon - das Zuschneiden auf den relevanten Bildausschnitt.

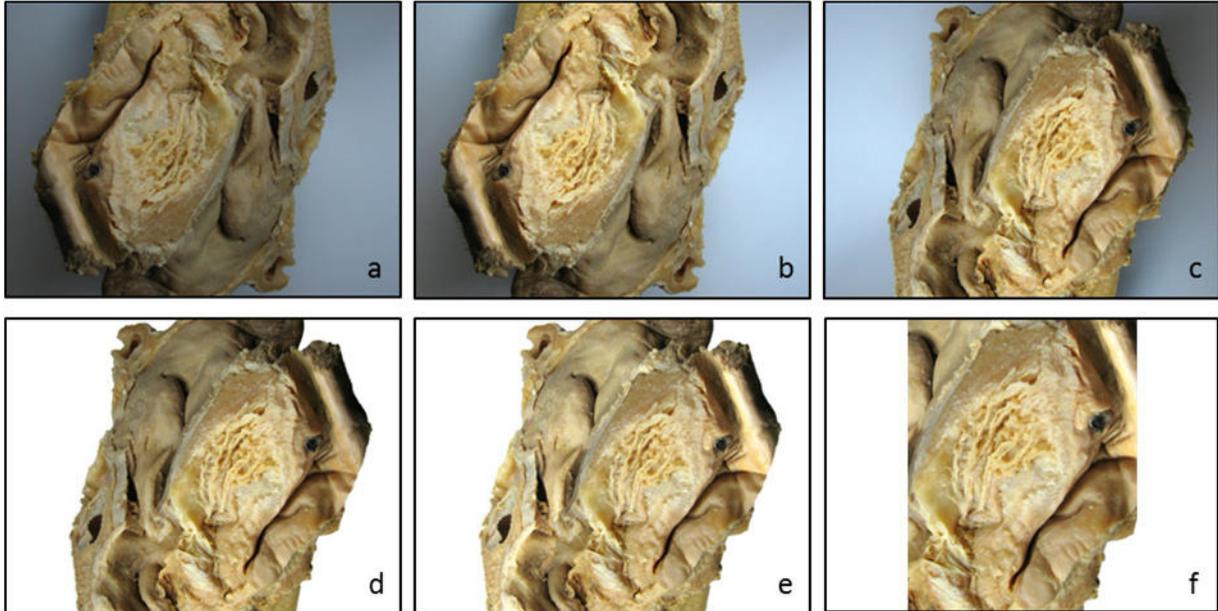


Abb. 10: Bilderserie zur vollständigen Nachbearbeitung eines Bildes (Blickrichtung von kaudal nach cranial)

2.1. Fotografische Darstellung präformierter Körperhöhlen

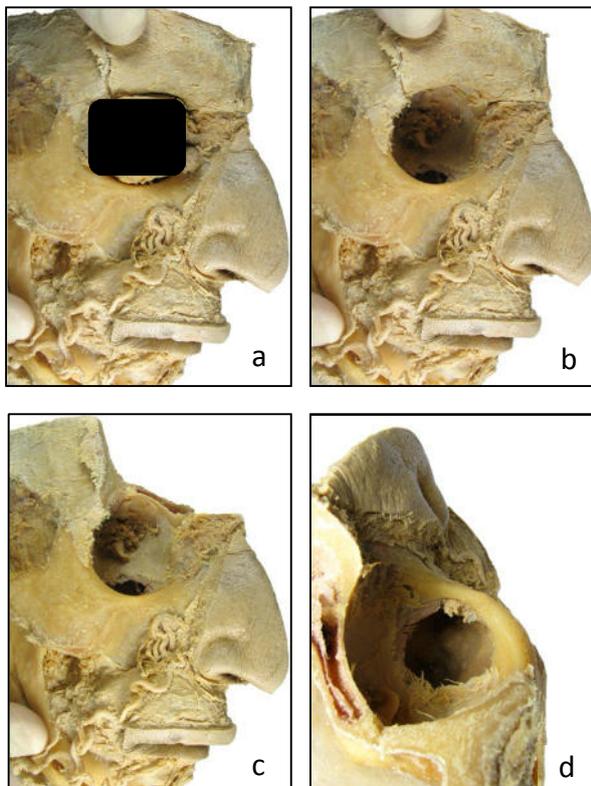


Abb. 11: Darstellung des Zugangsweges zum Sinus maxillaris

Um den Sinus maxillaris fotografisch abbilden zu können, war es notwendig, einen ausreichend großen Zugang zu schaffen. Die Abb. 11a zeigt die Ausgangssituation des für die Aufnahmen verwendeten geteilten humanen Kopfpräparats. Zunächst wurde das Auge vollständig entfernt und der Orbitaboden abgetragen (Abb. 11b). Dazu wurden ein Skalpelli, ein Raspatorium und eine Knochenknabberzange nach Luer genutzt. In einem zweiten Schritt sind das Orbitadach und ein Teil der frontalen Kalotte mit Hilfe einer oszillierenden Säge

entfernt worden. Abb. 11d zeigt das Endergebnis dieses Verfahrens, welches wiederum Ausgangssituation für die Anfertigung der HDR-Aufnahmen war.

Abb. 12a bis e zeigen in Serie den rechten Sinus maxillaris eines geteilten, humanen Kopfpräparates (Blickrichtung von cranial nach caudal). Wichtig bei dieser Aufnahmetechnik ist die Fixierung des Präparates in ein- und derselben Position während aller Aufnahmen. Verändert wird lediglich die Beleuchtung der präformierten Körperhöhle.

Die Bilder wurden, wie beschrieben, bearbeitet und anschließend im Programm Adobe Photoshop Elements zu einem HDR-Bild zusammengesetzt. Das Ergebnis zeigt Abb. 12f. Im Vergleich der einzelnen Bilder mit dem Ergebnis ist zu sehen, dass gleichmäßig gut ausgeleuchtet ist.

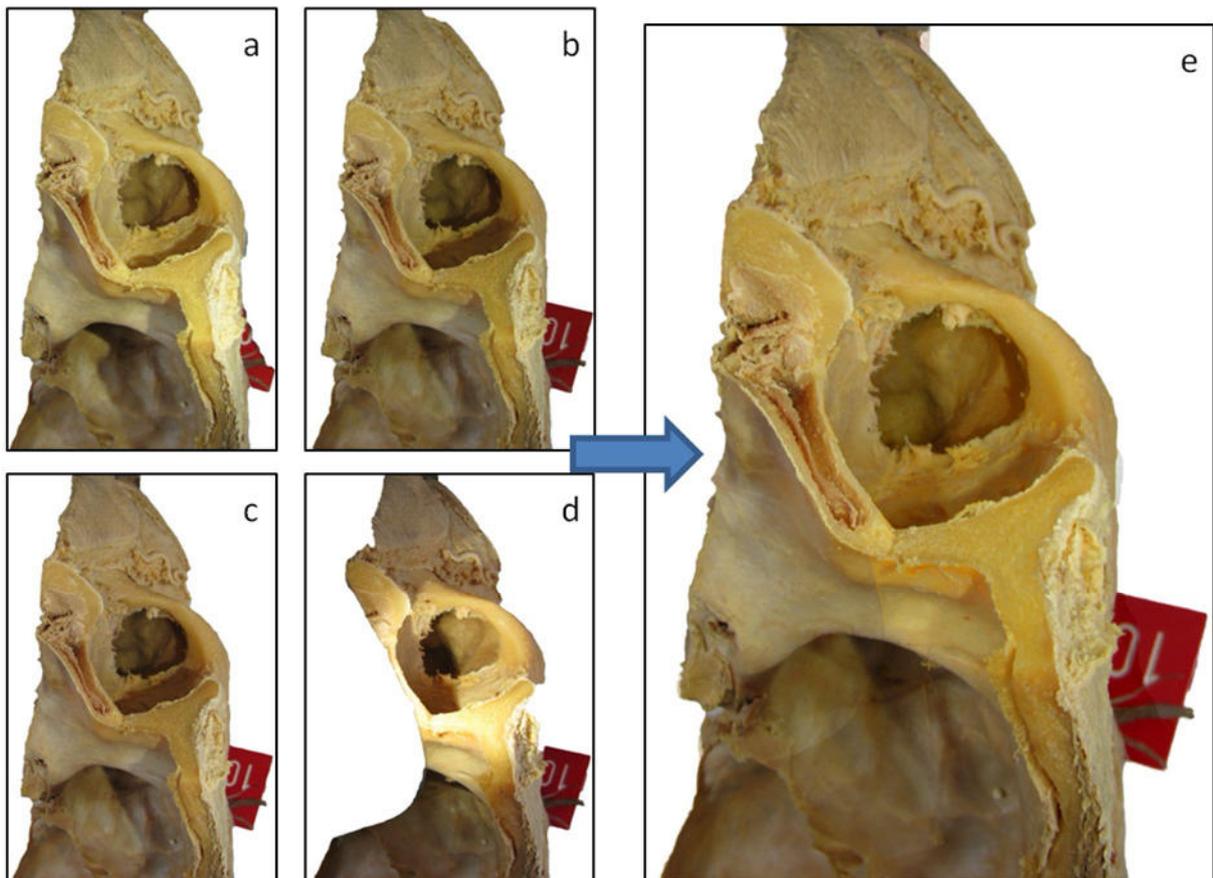


Abb. 12: Ausgangsbilder und Ergebnis des HDR-Verfahren (Blickrichtung von cranial nach caudal)

Implantologische OP-Situationen im Vergleich mit dem anatomischen Humanpräparat



* Knepper R.¹, Barth T.², Hirsch E.³, Löffler S.¹

¹ Institut für Anatomie, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

² Dentale, zahnärztliches Kompetenzzentrum Leipzig, Leipzig, Deutschland

³ Klinik für Mund-Kiefer und Gesichtschirurgie, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

Weichgewebsmanagement mittels Flaptechnik

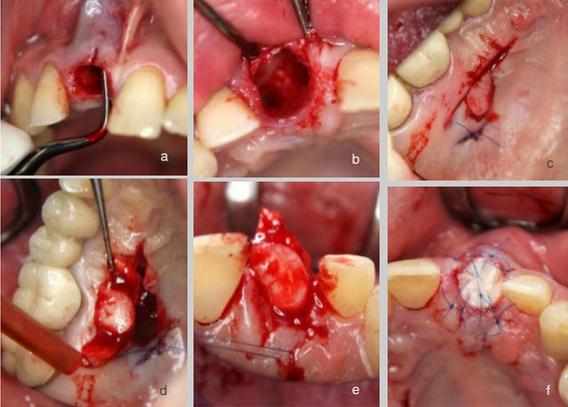


Abb. 1: „Flap“ Technik im OK

Nach dem Setzen eines Implantates in der Oberkieferfront soll zur Erzielung eines natürlicheren optischen Ergebnisses die Gingiva belassen werden. Für einen spannungsfreien Wundschluss muss Weichgewebe aus einer Spenderregion transplantiert werden. Hierzu wird Gewebe aus dem Gaumen herausgetrennt (Flap), über das Implantat platziert und mit der ortsständigen Gingiva vernäht. (Abb. 1)

Bei dieser Technik muss der Operateur wissen, wie weit er in den Gaumen schneiden kann, ohne die A. palatina major zu verletzen. Zur Untersuchung des Verlaufs dieses Gefäßes wurde die entsprechende Region an sieben vollständigen (sechs alkoholfixierte, ein Thiel-fixierter) sowie 6 halbierten, alkoholfixierten Kopf-Humanpräparaten dargestellt. Dieses Material wurde auch für alle weiteren Untersuchungen verwendet.

Abb. 2 zeigt den typischen Verlauf der A. palatina major.

Beschreibung Abb. 1:

- Nach Extraktion Zahn 11, Sondierung der Alveole
- Verlust der vestibulären Knochenwand
- Präparation des Flaps im Gaumen
- Entnahme des Flaps
- Einnähen des Flaps in die Alveole
- Endergebnis

Beschreibung Abb. 2:

- A. palatina major
- Ehemalige Position des Zahnes 27

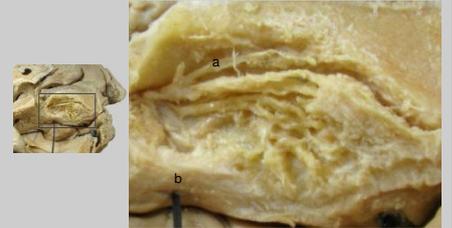


Abb. 2: Verlauf der A. palatina major

Interforaminäre Implantation im Unterkiefer

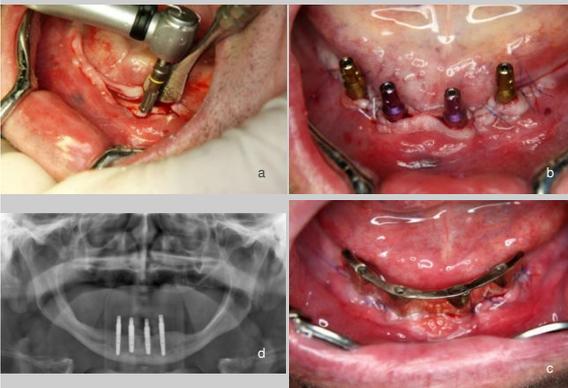


Abb. 3: UK-Steg auf Implantaten

Eine Methode um Zahnersatz im zahnlosen Unterkiefer zu verankern, ist die Insertion von vier interforaminären Implantaten (Abb. 3). Die Anklammerung der Deckprothese kann typischerweise über eine Stegkonstruktion aber auch Konuskronen; Locatoren oder Kombinationen dieser Elemente erfolgen. In jedem Fall werden Funktion und Komfort des Zahnersatzes signifikant verbessert.

Bei dieser Methode ergibt sich insbesondere die Frage nach dem Verlauf des N. alveolaris inferior und dessen Austrittspunkt dem For. mentale sowie sein weiterer Verlauf als N. mentalis. Die Kenntnis der Anatomie gefährdeter Nachbarstrukturen ist unerlässlich, um weder bei der Schnittführung noch bei der Präparation der Implantatkavitäten Nerven zu schädigen.

Um einen Überblick über die Anatomie dieser Region zu erhalten, wurden an den beschriebenen Humanpräparaten die Nn. mentalis dargestellt sowie die Austrittspunkte der For. mentalia in Bezug zum Corpus mandibulae gemessen. Das For. mentale wurde gemessen als Abstand vom OK-Rand (zw. 0 und 13mm), vom UK-Rand (zw. 9 und 16mm) und der Protuberantia mentalis (zw. 25 und 34mm). Den typischen Verlauf von Gefäßen und Nerven zeigt Abb. 4.

Beschreibung Abb. 3:

- Setzen der Implantatbohrungen interforaminär
- Implantate gesetzt
- Stegkonstruktion auf Implantaten
- Kontroll-OPG nach Implantation

Beschreibung Abb. 4:

- N. mentalis am Foramen mentalis
- A. facialis

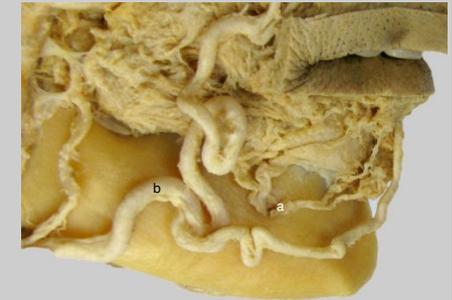


Abb. 4: For. Mentale und N. mentalis

Eigenknochenentnahme am Unterkieferast für Augmentation

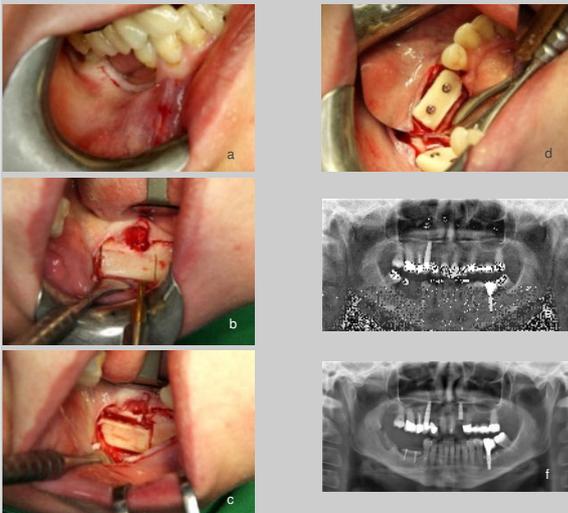


Abb. 5: Eigenknochenentnahme für Augmentation am R. mandibulae

Größere Knochendefekte oder ungünstige Defektpositionen, erfordern formstabile Augmentate (Knochenblöcke). Eine Möglichkeit autologe Transplantate zu gewinnen, ist die Knochenspanentnahme am Ramus mandibulae (Abb. 5).

Die Gefahr bei dieser Operationstechnik besteht in einer Verletzung des N. alveolaris inferior der im Canalis mandibulae den Ramus mandibulae durchzieht.

Ziel dieser Darstellung ist es, eine Position aufzuzeigen, an der risikoarm Knochen entnommen werden kann. Dazu wurden an den beschriebenen Humanpräparaten der Ramus mandibulae freigelegt und der Canalis mandibulae eröffnet.

Abb. 6 zeigt die Lage des Canalis mandibulae im Ramus mandibulae. Markiert ist eine risikoarme Entnahmestelle.

Beschreibung Abb. 5:

- Freilegung Entnahmeregion
- Heraussägen des Knochenblocks
- Entnahme des Knochenblocks
- Verschrauben des Knochenblocks an neuer Position
- Präoperatives OPG
- Postoperatives Kontroll-OPG

Beschreibung Abb. 6:

- Canalis mandibulae mit N. alveolaris inferior
- N. mentalis am For. mentalis
- Risikoarme Entnahmestelle

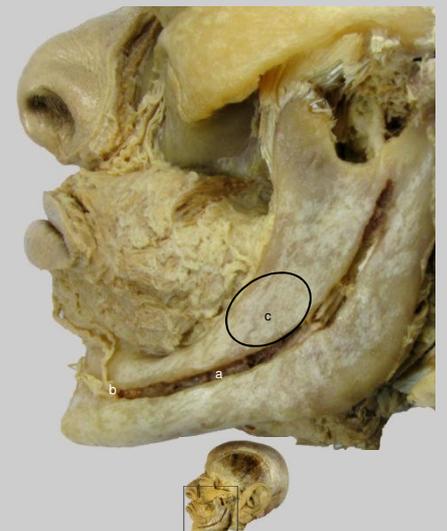


Abb. 6: Verlauf Canalis mandibulae im Bereich den Ramus mandibulae

Schlussfolgerung

Mit den sich weiterentwickelnden Operationsverfahren im Bereich der Implantologie steigen auch die Anforderungen an den Operateur. Kenntnisse zu Lagebeziehungen gefährdeter anatomischer Strukturen sind

Grundvoraussetzung für den Behandlungserfolg. Anatomische Atlanten stellen die Strukturen häufig idealisiert und ohne Berücksichtigung der individuellen Variationsbreite dar; in der Regel schichtweise, wie beim Präparieren üblich. Zugänge, wie sie in der Klinik benötigt werden, finden sich selten. Hierbei soll die vorliegende Arbeit Abhilfe schaffen, in dem nicht

nur Humanpräparate oder OP-Bilder gezeigt werden, sondern zwischen beiden Dingen ein konkreter Bezug hergestellt wird. Dadurch wird die Lücke der oft unzureichenden Verlinkung der klinischen Situation mit dem anatomischen Korrelat geschlossen.

Comparison between clinical OP situations and human dissected specimen

* Knepper R.¹, Barth T.², Schierz, O.³, Löffler S.¹

¹ Institute of Anatomy, University of Leipzig, Germany

² Centre for Diagnostic Investigation of Dental Implants, Leipzig, Germany

³ Polyclinic for Prosthetic Dentistry, University of Leipzig, Germany

Soft tissue management of the palate using the "Flap-technique"

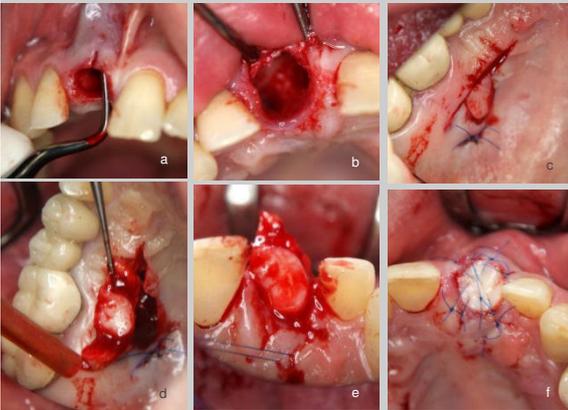


Fig. 1: „Flap-technique“ at the palate

After putting an implant in the upper jaw front, the gingiva should be retained for a better optical result. Soft tissue from a donor's region has to be transplanted for a tension-free adaptation. Moreover tissue from the palate has separated as a flap, placed above the implant and sewn with the local fixed gingiva. (Fig. 1)

In this case, the surgeon has to know how far he can cut in the palate without injuring the major palatine artery. To the examination of the course of this vessel the suitable region was shown in seven complete (six alcohol-fixed, one Thiel-fixed) as well as six bisected, alcohol-fixed human anatomic head specimen. This material was also used for all other examinations.

Fig. 2 shows the typical course of the major palatine artery.

Description Fig. 1:

- After extraction of tooth 11, sounding the alveolus
- Loss of the vestibular osseous wall
- Preparation of the flap in the palate
- Draft of the flap
- Sew in of the flap according to the alveolus
- Final result

Description Fig. 2:

- Major palatine artery
- Former position of tooth 27

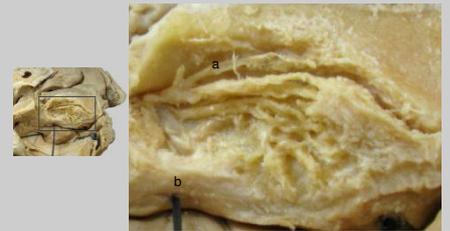
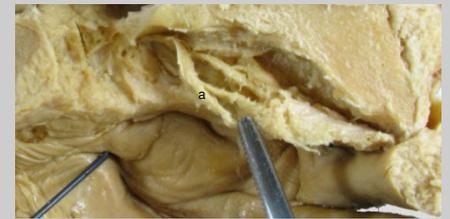


Fig. 2: Course of the major palatine artery

Interforaminal implantation in the lower jaw

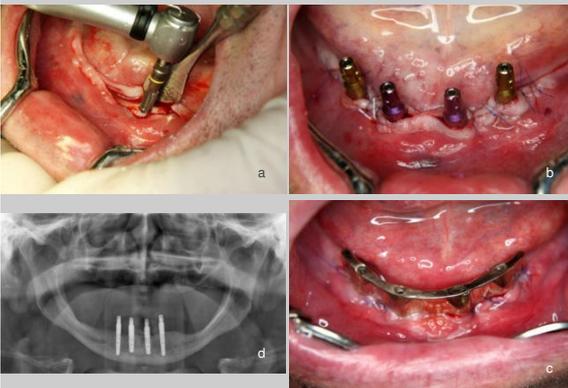


Fig. 3: Bar construction in the lower jaw

The insertion of four interforaminal implants (Fig. 3) is a suitable method for anchoring a set of dentures in the edentate lower jaw. The coupling of the cap prosthesis is typically realised by a bar construction, also conus crowns, locators or their combination. In any case, function and comfort of the set of dentures are improved significantly.

It arises the question about the course of the inferior alveolar nerve and the mental foramen as well as its further course as mental nerve. The knowledge of the threatened neighbouring structures is essential to prevent a nerve damage by the incision or the preparation of the implant cavities.

To receive an overview about the anatomy of this region, the mental nerves were shown in the described human specimen. The position of the mental foramen to the body of the lower jaw was measured as a distance from the edge of the upper jaw (between 0 and 13 mm), from the edge of the lower jaw (between 9 and 16 mm) and from the mental protuberance (between 25 and 34 mm). Fig. 4 shows the typical course of vessels and nerves in this region.

Description Fig. 3:

- Putting of the implant drillings interforaminal
- Implants set
- Bar construction on implants
- Control-OPG after implantation

Description Fig. 4:

- Mental nerve at mental foramen
- Facial artery

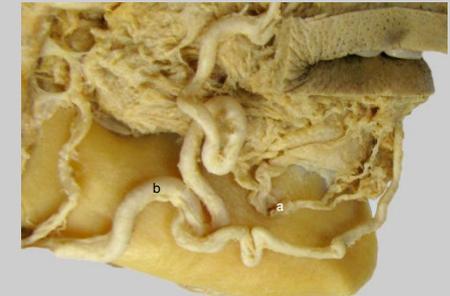


Fig. 4: Mental foramen and mental nerve

Transplantation of proper bone into the mandibular ramus

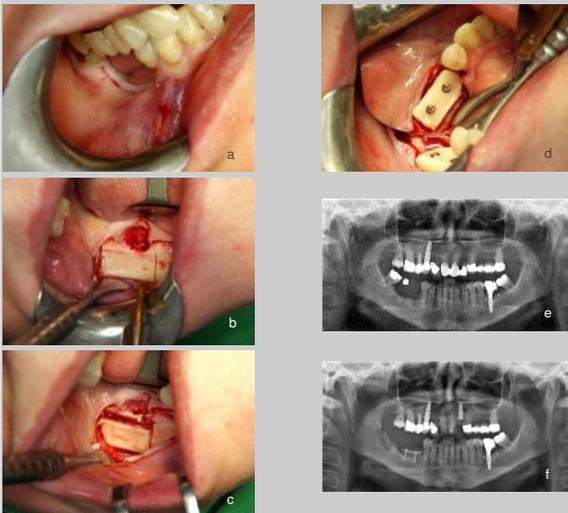


Fig. 5: Bone draft for an augmentation of the mandibular ramus

Larger osseous defects or unfavourable defect positions require form-stable augmentments (bone blocks). A possibility to gain autologous transplants, is a bone draft at the mandibular ramus (Fig. 5).

Here the course of the inferior alveolar nerve within the mandibular canal has to be considered.

We wanted to show how bone can be taken with low risk. For this purpose, the mandibular canal was opened.

Fig. 6 shows the position of the mandibular canal at the mandibular ramus. The low risk draft place is marked.

Description Fig. 5:

- Exposure of the draft region
- Sawing out the bone block
- Draft of the bone block
- Screwing of the bone block at new position
- Preoperative OPG
- Postoperative Control-OPG

Description Fig. 6:

- Mandibular canal with inferior alveolar nerve
- Mental nerve at the mental foramen
- Low risk draft place

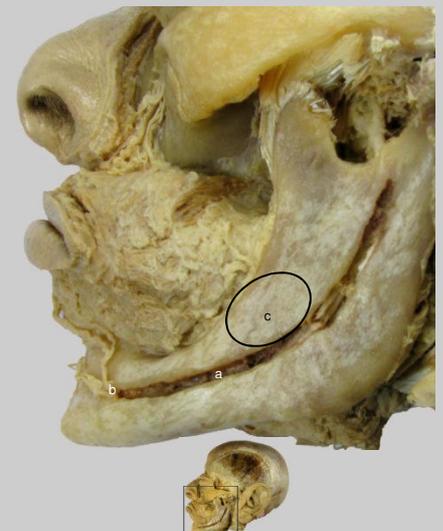


Fig. 6: Course of the mental canal in the mandibular ramus

Conclusion

The developing operation procedures in the field of dental implantology cause increasing request for the surgeons. A profound knowledge of the topography of anatomical structures is crucial. Textbooks often visualize them in an idealized way without considering the individual range of variation, usually in layers as during anatomical preparations. Approaches as required in practise are rare to be found. We tried to fill the gap between clinical situations and the anatomic correlate with regard to the courses in clinical anatomy at our institute.