

Aus dem Institut für Anatomie und Zellbiologie
(Direktor: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich)
der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

**Zur Anatomie des Canalis infraorbitalis und seiner Beziehungen zur Orbita und zum
Sinus maxillaris beim Menschen. Eine morphometrische Studie auf Grundlage der
Computertomografie (CT)**

Inaugural – Dissertation
zur
Erlangung des akademischen
Grades
Doktor der Zahnmedizin
(Dr. med. dent.)
der
Universitätsmedizin
der
Universität Greifswald
2021

vorgelegt von:
Maximilian Strümpel
geb. am 03. Februar 1996
in Berlin

Dekan: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich

1. Gutachter: Prof. Dr. Thomas Koppe

2. Gutachter: Prof. Dr. Werner Götz

Ort, Raum: Greifswald/ Berlin, Online-Konferenz

Tag der Disputation: Montag, den 06.12.2021

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Fragestellung.....	1
2.	Literaturübersicht.....	3
2.1.	Morphologie und Anatomie des Canalis infraorbitalis.....	3
2.2.	Entwicklung von Maxilla und Canalis infraorbitalis.....	9
2.3.	Einfluss epigenetischer Faktoren auf das Schädelwachstum.....	12
2.4.	Klinische Bedeutung des Canalis infraorbitalis.....	17
2.5.	Verfahren zur Untersuchung von Canalis und Foramen infraorbitale.....	22
3.	Material und Methoden.....	24
3.1.	Material.....	24
3.2.	Methoden.....	27
3.2.1.	Anfertigung der CT-Aufnahmen.....	27
3.2.2.	Vermessung des Canalis infraorbitalis.....	27
3.2.3.	Externe Schädelmaße.....	42
3.3.	Statistische Auswertung.....	45
4.	Ergebnisse.....	47
4.1.	Lage des orbitalen Eingangs und des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis.....	47
4.2.	Projektivische Längenmaße des Canalis infraorbitalis.....	52
4.3.	Projektivische Winkelmaße des Canalis infraorbitalis.....	57
4.4.	Morphologie des Canalis infraorbitalis.....	61
4.5.	Externe Schädelmaße.....	65
4.5.1.	Populationsunterschiede bezüglich der externen Schädelmaße.....	66
4.5.2.	Volumina von Orbita und Sinus maxillaris.....	68
4.5.3.	Schädelindizes.....	69
4.6.	Einfluss von Orbita und Sinus maxillaris auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis.....	71
4.7.	Ergebnisse der Rangkorrelationsanalysen.....	74
4.8.	Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse.....	79
5.	Diskussion.....	85
5.1.	Ausrichtung des Canalis infraorbitalis.....	85
5.2.	Länge des Canalis infraorbitalis.....	91
5.3.	Einfluss von Orbita und Sinus maxillaris auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis.....	94

5.4.	Einordnung des Canalis infraorbitalis in den Gesichtsschädel.....	95
5.5.	Einfluss epigenetischer Faktoren auf die Morphologie des Canalis..... infraorbitalis.....	97
5.6.	Schlussfolgerungen.....	100
6.	Zusammenfassung.....	103
7.	Literaturverzeichnis.....	106
	Anhang	

1. Einleitung und Fragestellung

Als integrativer Bestandteil der Maxilla verbindet der Canalis infraorbitalis den Sulcus infraorbitalis am Orbitaboden mit dem Foramen infraorbitale, unterhalb des Margo orbitalis inferior. Er führt neben den gleichnamigen Gefäßen auch den N. infraorbitalis, einen Ast des N. trigeminus. Innerhalb des Canalis infraorbitalis gibt der N. infraorbitalis die Rr. alveolares superiores anteriores et medii ab. Diese Äste bilden zusammen mit den Rr. alveolares superiores posteriores den Plexus dentalis superior zur Versorgung der Oberkieferzähne. Nach Austritt aus dem Foramen infraorbitale teilt sich der N. infraorbitalis in zahlreiche terminale Äste zur sensiblen Versorgung der Mittelgesichtsregion, einschließlich des unteren Augenlides, des Nasenflügels sowie der Oberlippe. Schließlich innerviert der N. infraorbitalis auch die Mukosa des Sinus maxillaris. Aufgrund dieses großen Innervationsgebietes ist nicht nur die genaue Kenntnis über den N. infraorbitalis selbst, sondern auch über die Morphologie und Topografie des Canalis infraorbitalis als knöcherne Leitstruktur dieses Nerven für verschiedene klinische Fachgebiete, wie Mund – Kiefer – und Gesichtschirurgie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde sowie für die Ophthalmologie von großer Bedeutung. Darüber hinaus sind solche Kenntnisse auch aus forensischer und anthropologischer Sicht von einigem Interesse.

Angesichts der klinischen Bedeutung des N. infraorbitalis beschäftigten sich bereits zahlreiche Autoren mit der Morphologie des Canalis infraorbitalis beim Menschen. Als Austrittspunkt des N. infraorbitalis wurde dabei häufig auch das Foramen infraorbitale untersucht. Diesbezüglich konnte festgestellt werden, dass das Foramen beim Menschen meist einzeln auftritt (Kadanoff, 1970). In Bezug auf den Canalis infraorbitalis nahmen Przygocka et al. (2013) anhand der unterschiedlichen Längen des Kanals eine Einteilung in drei Typen vor. Demgegenüber charakterisierten Lee et al. (2006) den Kanal anhand seiner Morphologie als röhrenförmig, trichterförmig bzw. eng. In der Literatur existieren jedoch nur wenige Untersuchungen, die sich mit dem Verlauf des Canalis infraorbitalis beim Menschen beschäftigen. Lediglich Hassmann (1975) berichtet, dass der Kanal beim Menschen verschiedene Verlaufsrichtungen aufweisen kann, wobei er in den meisten Fällen von kraniolateral nach kaudomedial verläuft.

Abgesehen von morphologischen Beschreibungen des Canalis infraorbitalis, finden sich in der Literatur nur wenige Arbeiten, die sich mit dem Einfluss von Nachbarstrukturen wie Orbita und Sinus maxillaris auf den Verlauf des Canalis infraorbitalis befassen.

So befassten sich einige Autoren mit dem Verlauf des Canalis infraorbitalis innerhalb des Sinus maxillaris (Lantos et al., 2016; Fontolliet et al., 2019). Kazkayasi et al. (2003) stellten heraus, dass die Größe des Sinus maxillaris einen Einfluss auf die Position des Foramen infraorbitale besitzt.

Die Beurteilung eines möglichen Einflusses des Sinus maxillaris auf den Canalis infraorbitalis oder dessen faziale Öffnung wird dadurch erschwert, dass sowohl die Größe des Sinus maxillaris, als auch die Größe des Gesichtsschädels beim Menschen Populationsunterschiede aufweisen, die dem Einfluss epigenetischer Faktoren, wie z.B. geografischen Faktoren unterliegen können (Shea, 1977; Bärenklau, 2016). Inwiefern die Größe von Orbita und Sinus maxillaris jedoch einen Einfluss auf die Morphologie und den Verlauf des Canalis infraorbitalis haben, ist bisher nicht untersucht worden. Darüber hinaus wurden Populationsunterschiede hinsichtlich des Canalis infraorbitalis bislang wenig berücksichtigt. In der vorliegenden Arbeit soll daher die Ausrichtung und Topografie des Canalis infraorbitalis anhand von CT – Datensätzen verschiedener zeitlich und geografisch voneinander getrennter Populationen untersucht werden. Im Einzelnen verfolgt die Arbeit folgende Zielstellungen:

1. Beschreibung der Ausrichtung des Canalis infraorbitalis anhand von Abstandsmessungen von Kanaleingang und Kanalausgang zu definierten anatomischen Punkten und Ebenen sowie Winkelmessungen in der Frontal-, Sagittal - und Transversalebene.
2. Vermessung der Länge des Canalis infraorbitalis in der Frontal-, Sagittal – und Transversalebene.
3. Typisierung des Kanals anhand der Verlaufsrichtung in der Frontalebene.
4. Untersuchung möglicher Einflussfaktoren auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis mit besonderer Berücksichtigung der Größe von Sinus maxillaris und Orbita.
5. Diskussion der Bedeutung der Untersuchungsergebnisse.

2. Literaturübersicht

2.1. Morphologie und Anatomie des Canalis infraorbitalis

Der Canalis infraorbitalis verbindet den Sulcus infraorbitalis am Orbitaboden mit dem Foramen infraorbitale unterhalb des Margo infraorbitalis an der fazialen Wand der Maxilla. Der Orbitaboden wird hauptsächlich durch die Facies orbitalis des Corpus maxillae gebildet. Weiterhin ist die Facies orbitalis ossis zygomatici an der Bildung des Orbitabodens beteiligt, die darüber hinaus den Übergang zur Paries lateralis orbitae markiert. Der dorsale Anteil des Orbitabodens wird durch den Processus orbitalis ossis palatini gebildet. Insgesamt weist das Os palatinum flächenmäßig den geringsten Anteil an der Gesamtfläche des Orbitabodens auf (Lang, 1979).



Abb.1 Ausschnittsdarstellung eines Schädels mit Darstellung der Orbita und angrenzender Strukturen. 1 – Foramen supraorbitale; 2 – Processus frontalis maxillae; 3 – Ductus nasolacrimalis; 4 – Foramen infraorbitale; 5 – Arcus zygomaticus; 6 – Sutura zygomaticofrontalis (Wandtafel des Institutes für Anatomie und Zellbiologie der Universitätsmedizin Greifswald)

Die besonderen Strukturen der *Paries inferior orbitae* sind zum einen die *Fissura orbitalis inferior*, die den Orbitaboden im dorsalen Anteil nach lateral begrenzt und zum anderen der *Sulcus infraorbitalis*, der von dorsal kommend schließlich zum *Canalis infraorbitalis* wird. Das knöcherne Dach dieses Kanals stammt dabei entweder von einem eigenen Knochenkern, oder wird durch eine Lamelle des *Os zygomaticum* gebildet (Hassmann, 1975). In einigen Fällen ist jedoch auch kein *Sulcus infraorbitalis* vorhanden und der *Canalis infraorbitalis* beginnt direkt im Bereich der *Fissura orbitalis inferior* (Hassmann, 1975; Hindy et al., 1993; Kazkayasi et al., 2001). So beobachteten Kazkayasi et al. (2001) bei 3,8% aller Orbitae der von ihnen untersuchten Schädel ein Fehlen des *Sulcus infraorbitalis*. Hindy et al. (1993) stellten ein Fehlen des *Sulcus infraorbitalis* gar bei 60% aller untersuchten Orbitae fest. Den Untersuchungen von Hassmann (1975) zufolge, wiesen die Hälfte der untersuchten Schädel keinen *Sulcus infraorbitalis* auf.

Verschiedene Autoren befassten sich mit Längenmessungen von *Sulcus* und *Canalis infraorbitalis* (Hwang et al., 2013; Przygocka et al., 2013; Fontolliet et al., 2019). Die Gesamtlänge von *Sulcus* und *Canalis infraorbitalis* schwankt in den verschiedenen Untersuchungen nur wenig. Während Hwang et al. (2013) an ihrem Untersuchungsmaterial eine Gesamtlänge von 28,4 mm feststellten, ermittelten Fontolliet et al. (2019) eine Gesamtlänge von 29 mm. Hassmann (1975) berichtet über Seitenunterschiede in der Gesamtlänge von *Sulcus* und *Canalis infraorbitalis* und nennt für die rechte Seite eine Länge von 26,5 mm und für die linke Seite eine Länge von 27 mm. Auf Seitenunterschiede in der Gesamtlänge von *Sulcus* und *Canalis infraorbitalis* verweisen auch Przygocka et al. (2013). Bei der Untersuchung knöcherner Schädel wurde eine Gesamtlänge von 27,8 mm für die rechte Orbita und 28 mm für die linke Orbita ermittelt (Przygocka et al., 2013).

Die Länge des *Canalis infraorbitalis* schwankt zwischen 11,7 mm (Hwang et al., 2013) und 15,8 mm (Nguyen et al., 2016). Dabei soll der linke *Canalis infraorbitalis* kürzer sein als der rechte. Przygocka et al. (2013) ermittelten für den linken *Canalis infraorbitalis* eine Länge von 13,7 mm und für den rechten eine Länge von 14,2 mm.

Zur Beschreibung der Verlaufsform des *Canalis infraorbitalis* schlägt Hassmann (1975) eine Einteilung in zwei Typen vor. Bei 68% seines Würzburger Untersuchungsmaterials verlief der Kanal grundsätzlich von lateral nach medial und schwenkte anschließend nach kaudal zum *Foramen infraorbitale*.

Bei 32% der Schädel zog der Kanal zunächst nach vorne und anschließend nach medial, ohne dass ein Verlauf nach kaudal beobachtet werden konnte (Hassmann, 1975). Im Gegensatz dazu nahmen Lee et al. (2006), basierend auf einer Studie an koreanischen Schädeln, eine Einteilung des Canalis infraorbitalis anhand seiner Morphologie vor und berichteten über drei Typen. So unterschieden Lee et al. (2006) einen röhrenförmigen Typ mit einer Häufigkeit von 69% der Fälle, einen trichterförmigen Typ mit einer Häufigkeit von 25% und einen so genannten eingeklemmten Typ (englisch: „pinched“), der in 6% aller Fälle auftrat.

Foramen infraorbitale

Das Ende des Canalis infraorbitalis wird durch das Foramen infraorbitale markiert. Zur Beschreibung der Lage des Foramen infraorbitale werden in der Literatur verschiedene anatomische Landmarken und Ebenen zur Hilfe genommen. Wichtig sind dabei unter anderem der Abstand zum Margo orbitalis inferior und zur Medianebene (Cutright et al., 2003; Dagistan et al., 2016). Der Abstand zum Margo orbitalis inferior schwankt dabei zwischen 5,63 mm (Dagistan et al., 2016) und 6,4 mm (Cutright et al., 2003), während der Abstand zur Mediansagittalebene mit 25,1 mm (Dagistan et al., 2016) bzw. 27 mm (Cutright et al., 2003) angegeben wird.

Weiterhin ist beim Foramen infraorbitale eine Variabilität in der Form zu erkennen. Es kann rund, oval oder halbmondförmig sein, wobei die ovalen und halbmondförmigen Formen meist zusammengefasst werden (Kadanoff, 1970; Kazkayasi et al., 2001; Dagistan et al., 2016). Kazkayasi et al. (2001) beschrieben das Foramen infraorbitale bei ihren Untersuchungen in 61,4% als oval oder halbmondförmig und in 38,6% als rund. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Dagistan et al. (2016), die bei 58% der untersuchten Probanden eine ovale bzw. halbmondförmige Form und bei 42% eine runde Form beobachteten. Zudem ist es entscheidend, wie stark die Fossa canina ausgeprägt ist. Bei starker Ausprägung wird das Foramen infraorbitale in 67,5% der Fälle von einer knöchernen Lingula überlappt (Lang, 1979).

Bei Untersuchungen verschiedener Populationen wurden für den Durchmesser des Foramen infraorbitale unterschiedliche Werte angegeben (Stubbe, 1976; Boopathi et al., 2010; Singh et al., 2011; Elsheikh et al., 2013; Dagistan et al., 2016). So ermittelte Stubbe (1976) bei Untersuchungen von Schädeln aus Deutschland einen Durchmesser von 4,6 mm.

Dagistan et al. (2016) ermittelten bei Probanden einer türkischen Population einen vertikalen Durchmesser von 3,71 mm und einen horizontalen Durchmesser von 3,17 mm. Zusätzlich wurden in vielen Fällen höhere Werte für den vertikalen Durchmesser ermittelt, als für den horizontalen (Singh et al., 2011; Elsheikh et al., 2013; Dagistan et al., 2016). Singh et al. (2011) stellten bei der Untersuchung indischer Schädel einen vertikalen Durchmesser von 3,75 mm und einen horizontalen Durchmesser von 3,52 mm für das linke Foramen infraorbitale fest. Elsheikh et al. (2013) ermittelten bei der Vermessung ägyptischer Schädel für das linke Foramen infraorbitale einen vertikalen Durchmesser von 3,4 mm und einen horizontalen Durchmesser von 3,37 mm. Im Gegensatz dazu stellten Boopathi et al. (2010) bei der Schädelvermessung einer südindischen Population mit 2,88 mm größere Werte für den horizontalen Durchmesser fest, als für den vertikalen Durchmesser mit 2,82 mm.

Verschiedene Autoren berichten über Variationen in der Anzahl von Foramina infraorbitalia (Selig, 1878; Kadanoff, 1970; Hauser and De Stefano, 1989; Elias et al., 2004; Hu et al., 2007; Boopathi et al., 2010; Dagistan et al., 2016; Polo et al., 2019). Für die Erfassung akzessorischer Foramina ist eine Einteilung anhand der Morphologie vorzunehmen. Hauser and De Stefano (1989) entwickelten diesbezüglich ein Formenspektrum für das Foramen infraorbitale. Im Falle einer durchgehenden Knochenlamelle innerhalb des Foramen handelt es sich demnach um ein Foramen partium. Ein akzessorisches Foramen liegt jedoch erst bei Auftreten zweier voneinander getrennter Kanäle vor (Alt, 1997). Im Gegensatz zu nichtmenschlichen Primaten, bei denen multiple Foramina infraorbitalia vergleichsweise häufig zu beobachten sind (Mouri, 1990), tritt beim Menschen meist nur ein Foramen auf jeder Seite auf. In einer systematischen Studie an menschlichen Schädeln beobachtete Kadanoff (1970) in 90,2% einfache Foramen, in 9% doppelte Foramen und in 0,5% der Fälle dreifach angelegte Foramen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Elias et al. (2004), die in 10% ein zusätzliches Foramen und in 2% der Fälle zwei zusätzliche Foramen feststellten. Häufig wird das Auftreten akzessorischer Foramina symmetrisch auf beiden Seiten beobachtet (Hauser and De Stefano, 1989). Bei der Untersuchung von 100 Schädeln stellten Hauser and De Stefano (1989) auf der rechten und linken Seite jeweils bei 9 Schädeln ein zusätzliches Foramen infraorbitale fest. Im Gegensatz dazu fanden Boopathi et al. (2010) in 16,25% akzessorische Foramen, während Dagistan et al. (2016) gar in 56,6% der Fälle zusätzlich angelegte Foramen nachweisen konnten. Polo et al. (2019) konnten in 47,6% der Fälle ein akzessorisches Foramen infraorbitale nachweisen. Akzessorische Foramina befanden sich in 86,7% der Fälle superomedial des eigentlichen Foramen infraorbitale.

Inhalt des Canalis infraorbitalis

Durch den Canalis infraorbitalis ziehen der N. infraorbitalis sowie die A. infraorbitalis – eine Vene fehlt (Hu et al., 2006). Der N. infraorbitalis ist die Weiterführung des N. maxillaris. Der N. maxillaris tritt aus der Fossa cranii media durch das Foramen rotundum und gelangt zunächst in die Fossa pterygopalatina. Er führt überwiegend sensible Fasern, weist jedoch auch einen Teil an parasympathischen Fasern auf. Über die Rr. ganglionares werden die parasympathischen Fasern im Ganglion pterygopalatinum verschaltet und gelangen als postganglionäre parasympathische Fasern über den N. zygomaticus zur Glandula lacrimalis. Weitere postganglionäre parasympathische Fasern gelangen durch das Foramen sphenopalatinum über die Rr. nasales posteriores superiores laterales et mediales zur Schleimhaut der Nasenhöhle sowie über den N. palatinus major und die Nn. palatini minores zu den kleinen Speicheldrüsen des harten und weichen Gaumens.

Der N. maxillaris verfügt neben dem N. zygomaticus über einen weiteren Hauptast, den N. infraorbitalis. Dieser verläuft zusammen mit der A. infraorbitalis durch die Fissura orbitalis inferior. Zusammen mit der Arterie gelangt der N. infraorbitalis in den Sulcus infraorbitalis und ist dort durch die Periorbita vom Orbitainhalt getrennt. Anschließend gelangt der Nerv in den Canalis infraorbitalis. Dort verläuft er als einheitlicher Nervenstamm, bestehend aus einer unterschiedlichen Anzahl an Faszikeln. Selten finden sich auch mehrere Hauptstämme (Lang, 1979). Untersuchungen an Ratten zeigten, dass der N. infraorbitalis aus 18 – 25 Faszikeln besteht (Jacquin et al., 1984). Polo et al. (2019) beschrieben bei histologischen Untersuchungen des N. infraorbitalis beim Menschen eine Faszikelanzahl von 15,15 ohne ein akzessorisches Foramen infraorbitale und 12,71 mit akzessorischem Foramen.

Innerhalb des Canalis infraorbitalis gibt der N. infraorbitalis noch drei weitere Äste ab: R. alveolaris superior anterior, R. alveolaris superior medius und R. alveolaris superior posterior. Zusammen bilden sie den Plexus dentalis superior zur Versorgung der Oberkieferzähne. Der R. alveolaris superior anterior tritt durch einen Knochenkanal und zieht Richtung Alveolarrand. Dort versorgt er sensibel die Schneide – und Eckzahnregion und gibt außerdem kleine sensible Äste für die Nasenschleimhaut ab. Nach Untersuchungen von Ballah et al. (1973) existiert in 33,6% der Fälle ein R. alveolaris superior medius zur Versorgung der Prämolaren im Oberkiefer. Der R. alveolaris superior posterior zweigt sich bereits vor dem Sulcus infraorbitalis vom N. infraorbitalis ab und gelangt entlang der Tuberositas maxillaris zu den Molaren des Oberkiefers.

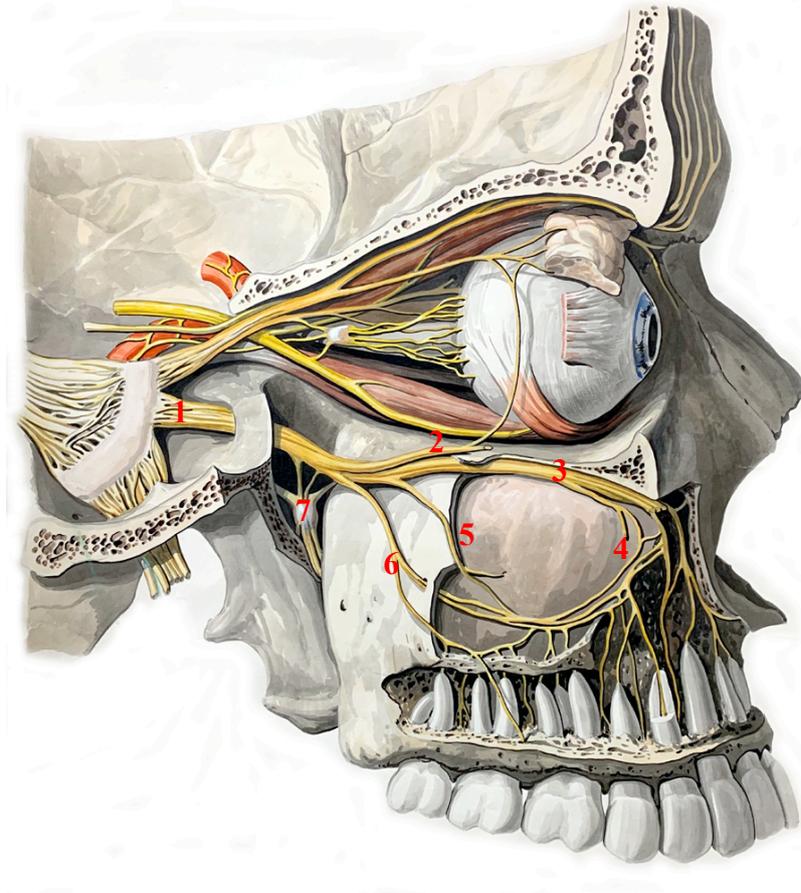


Abb.2 Ausschnittsdarstellung eines Schädels mit eröffneter Cavitas cranii und Orbita von lateral mit Darstellung des Ganglion trigeminale und der Verzweigung des N. trigeminus. Die Maxilla ist gefenestert und zeigt die Mukosa des Sinus maxillaris. Der N. maxillaris und seine Äste sind durch Zahlen markiert. 1 – N. maxillaris; 2 – N. zygomaticus; 3 – N. infraorbitalis; 4 – R. alveolaris superior anterior; 5 – R. alveolaris superior medius; 6 – R. alveolaris superior posterior; 7 – Ganglion pterygopalatinum (Wandtafel des Institutes für Anatomie und Zellbiologie der Universitätsmedizin Greifswald)

Nach der Passage durch das Foramen infraorbitale teilt sich der N. infraorbitalis in mehrere terminale Äste zur sensiblen Versorgung der Mittelgesichtsregion: (1) Rr. palpebrales inferiores, zur Versorgung des unteren Augenlides, (2) Rr. nasales externi zur Innervation des Nasenflügels und (3) Rr. labiales superiores für die Oberlippe.

Die A. infraorbitalis ist ein Ast der A. maxillaris. Die A. infraorbitalis gelangt zusammen mit dem N. infraorbitalis durch die Fissura orbitalis inferior in die Orbita und zieht ebenfalls durch den Sulcus infraorbitalis und den Canalis infraorbitalis. Im Sulcus infraorbitalis verläuft das Gefäß meistens medial des Nerven, seltener lateral (Lang, 1979). Im Canalis infraorbitalis liegt die A. infraorbitalis in der Regel unterhalb des Nerven (Hu et al., 2006). Kleinere Äste der A. infraorbitalis werden in Richtung äußerer Augenmuskeln sowie zur Versorgung von Sinus maxillaris bzw. Maxilla abgegeben. Außerdem sind begleitende Gefäße für die Verzweigungen des N. infraorbitalis zu finden. Außerhalb des Foramen infraorbitale teilt sich die A. infraorbitalis in einen R. medialis und R. lateralis zur Versorgung der Haut des vorderen und seitlichen Wangengebietes, einschließlich Unterlid, seitlicher Nasenwand und Oberlippe. Außerdem anastomosieren beide Äste mit anderen Gefäßen, unter anderem der A. angularis als Ast der A. facialis.

2.2. Entwicklung von Maxilla und Canalis infraorbitalis

Für ein besseres Verständnis der Morphologie des Canalis infraorbitalis soll hier auch auf die Entwicklung der Maxilla eingegangen werden. Als Teil des Viszerokraniums ossifiziert die Maxilla desmal. Das Auftreten der ersten Ossifikationszentren ist dabei zwischen der 6. und 7. Woche p.c. zu beobachten (Bollobas, 1984; Griffin, 1984; Scheuer and Black, 2004). Dem gegenüber beobachtete Sperber (1989) erste Ossifikationszentren erst in der 8. Woche im Bereich des späteren Processus frontalis, während Moore and Lavelle (1974) bereits am 40. Tag p.c. Ossifikationszentren im Bereich des späteren Milchzahns nachweisen konnten. Andere Autoren berichten, dass sich das erste Ossifikationszentrum der Maxilla im Bereich der Abzweigung des R. alveolaris superior anterior vom N. infraorbitalis befindet (O'Rahilly and Gardner, 1972; Scheuer and Black, 2004, Benedikter, 2005).

Nach dem Auftreten der ersten Ossifikationszentren schreitet die Verknöcherung in anteriorer Richtung fort zur Bildung des späteren Processus frontalis (Moore and Lavelle, 1974). In posteriorer Richtung verläuft die Ossifikation entlang des N. infraorbitalis (Kjaer, 1990; Moore and Lavelle, 1974). Ende der 8. Woche sind dann bereits Corpus maxillae sowie alle vier Processus identifizierbar (Scheuer and Black, 2004).

Einige Autoren berichten über separate Ossifikationszentren für die Premaxilla (Woo, 1949; Kraus and Decker, 1960; Latham, 1970). Während manche Autoren klar voneinander abgegrenzte Ossifikationszentren für Premaxilla und Maxilla in der 7. Woche p.c. beobachten konnten (Woo, 1949; Kraus and Decker, 1960), bestritten andere Autoren die Existenz zweier voneinander unabhängiger Ossifikationszentren (Jacobsen, 1955; Wood et al., 1967). O’Rahilly and Gardner (1972) heben in diesem Zusammenhang hervor, dass es unmittelbar nach dem Auftreten eines separaten Ossifikationszentrums der Premaxilla zu einer Fusion mit dem Ossifikationszentrum der Maxilla kommt (O’Rahilly and Gardner, 1972).

Mit dem Auftreten der ersten Ossifikationszentren beginnt auch die Entstehung des Canalis infraorbitalis. So ist in der 8. Woche p.c. bereits eine Furche innerhalb der Maxilla zu erkennen, welche das spätere Foramen infraorbitale markiert (Benedikter, 2005). Benedikter (2005) beobachtete bei Untersuchungen an menschlichen Embryonen, in der 14. Woche p.c. eine Verdichtung des maxillären Knochens um das Gefäß – Nervenbündel. Dabei kommt es zur Ausbildung einer tropfenförmigen Rinne im Bereich des nach kranial gerichtetem Fortsatz der Maxilla, die sich in der 26. Woche p.c. schließt und den Canalis infraorbitalis bildet. Somit ist zu diesem Zeitpunkt auch das Foramen infraorbitale vorhanden. Erst mit der Ausbildung eines allseits geschlossenen Foramen infraorbitale können Canalis infraorbitalis und Sulcus infraorbitalis voneinander unterschieden werden (Benedikter, 2005). Andere Autoren hingegen berichten von einem späteren Zeitpunkt der Entstehung des Foramen infraorbitale (Schwartz, 1980; Bollobas, 1984). Dem gegenüber beobachtet Yanagi (1989) bei der Untersuchung menschlicher Embryonen das erstmalige Auftreten vom Foramen infraorbitale bereits in der 20. Woche.

Die Entwicklung von Foramen und Canalis infraorbitalis ähnelt der Entstehung anderer Foramina und Kanäle des Schädels. Radlanski et al. (2004) untersuchten die Entwicklung des Canalis incisivus anhand von menschlichen Embryonen im Zeitraum zwischen der 7. und 24. Woche p.c. Dabei beginnt die Entwicklung des Canalis incisivus mit der Ossifikation des Primären Gaumens in der 9. Woche p.c. Auch wenn der N. nasopalatinus als Leitstruktur für die Ossifikation des Canalis incisivus dient, ist der Einfluss von Nerven auf die Entstehung von Kanälen nicht abschließend geklärt. Es ist zwar von einer Induktion der Ossifikation durch Nerven auszugehen (Kjaer et al., 1990), der Knochen wird jedoch nicht direkt an das Gefäß – Nervenbündel angelagert (Radlanski et al., 2002).

So beobachteten Radlanski et al. (2002) bei Untersuchungen menschlicher Embryonen, dass der Durchmesser des Foramen mentale deutlich größer war, als der Durchmesser des enthaltenen Gefäß – Nervenbündels.

Postnatales Wachstum

Das postnatale Wachstum der Maxilla wird zunächst beeinflusst durch eine Größenzunahme im Bereich der Bulbi oculi, sowie der Nase (Scheuer and Black, 2004). Inwiefern das Septum nasi Einfluss auf das Wachstum der Maxilla hat, ist umstritten. Während einige Autoren beschreiben, dass die Wachstumsrichtung der Maxilla überwiegend durch das Septum nasi bestimmt wird (Delaire and Precious, 1986; Grymer et al., 1991, Grymer and Bosch, 1997), konnte das in anderen Studien nicht bestätigt werden (Bergland and Borchgrevink, 1974; Smahel et al., 1999). Bis zum 10. Lebensjahr verläuft das Wachstum der Maxilla in horizontaler Richtung, danach ist vor allem eine vertikale Größenzunahme zu beobachten.

Insgesamt lässt sich das postnatale Wachstum der Maxilla in 3 Phasen unterteilen (Scott, 1967). Die erste Phase erstreckt sich von der Geburt bis zum 3. Lebensjahr, die zweite Phase vom 3. – 10. Lebensjahr und die dritte Phase beginnt ab dem 10. Lebensjahr. Die erste Phase unterliegt vor allem den Einflüssen der Größenzunahme von Gehirn, Orbita und Zunge, sowie dem suturalen Wachstum (Enlow and Bang, 1965). Letzteres findet im Bereich der Suturen zwischen Maxilla, Os frontale, Os zygomaticum, Os palatinum und Os ethmoidale statt. In der zweiten Phase des Oberkieferwachstums kommt es zum Remodelling durch Knochenapposition und Knochenabbau (Enlow and Bang, 1965; Enlow and Hans, 1996). Braun (2008) berichtet, dass die Apposition insbesondere im Bereich der posterioren Fläche sowie der Tuberositas maxillae bei gleichzeitiger Resorption der gegenüberliegenden kortikalen Fläche zu einem ventrokaudalen Displacement der Maxilla führt. Ein weiterer wichtiger Stimulus für das maxilläre Wachstum ist neben dem Remodelling auch der Zahndurchbruch, insbesondere der Molaren (Falkner, 1978). Ab dem 10. Lebensjahr beginnt die dritte Phase, in welcher Orbita und die Schädelgruben der Schädelbasis bereits adulte Maße aufweisen. In dieser Phase geht der hauptsächliche Wachstumsimpuls für die Maxilla von der Sphondrosia sphenoccipitalis aus. Gleichzeitig kommt es zu einer deutlichen Verlangsamung des Wachstums des Septum nasi. Trotzdem findet in dieser Phase ein Remodelling der Maxilla statt, welches das Wachstum aber nicht mehr so stark beeinflusst wie in der zweiten Phase (Scott, 1967).

2.3. Einfluss epigenetischer Faktoren auf das Schädelwachstum

Bei Betrachtung der Einflussfaktoren auf die Schädelmorphogenese unterscheidet Schumacher (1984) phylogenetische Faktoren von ontogenetischen Faktoren. Phylogenetische Faktoren sind hauptsächlich die Vertikalisation, die Zerebralisation und die Reduktion der Kiefer (Schumacher, 1984). Die ontogenetischen Faktoren unterteilt Schumacher (1984) in allgemeine und lokale Faktoren. Zu den allgemeinen Faktoren zählt Schumacher (1984) genetische Faktoren, Konstitution, Geschlecht, Hormone, Vitamine, Nutrition, Klima, soziales Milieu, Psyche und Statik. Als lokale Faktoren gelten die Dura mater encephali, das Wachstum von Gehirn, Auge, Ohr und Gleichgewichtsorgan, Gefäße und Nerven, die Dentitionen, Atmung und Muskulatur. In Abhängigkeit von der Schädelentwicklung ist der Einfluss der Faktoren auf die einzelnen Regionen des Schädels verschieden. So arbeitete van Limborgh (1972) heraus, dass das Wachstum des Chondrocraniums vorwiegend genetisch determiniert ist, und das Wachstum des Desmocraniums vor allem unter dem Einfluss von epigenetischen Faktoren steht. Da unser Untersuchungsmaterial aus geografisch und zeitlich getrennten Regionen der Welt stammt, soll nachfolgend der mögliche Einfluss verschiedener Faktoren auf die Schädelmorphologie näher beleuchtet werden.

Konsistenz der Nahrung

Der Einfluss der Ernährung auf die Schädelmorphologie ist in der Literatur unumstritten. Bevor es die moderne Landwirtschaft gab und der Mensch überwiegend als Jäger und Sammler lebte, erfolgte die Ernährung hauptsächlich über Wurzeln, Knollengewächsen, sowie unkultiviertem Gemüse und Früchten und seltener über Fleisch (Eaton, 2006). Diese Wildgewächse wiesen einen deutlich höheren Faseranteil auf, als heutiges Obst und Gemüse, welches durch verschiedenste Verfahren bearbeitet wird (Eaton, 1990). Durch Fortschritte in der Landwirtschaft, sowie verschiedene Verfahrensentwicklungen zur Nahrungszubereitung liegt die Nahrung heute überwiegend in verarbeiteter Form vor und hat somit eine weichere Konsistenz als früher (Lieberman, 2004). Das hatte erhebliche Auswirkungen auch auf die Schädelmorphologie.

Dass die Zufuhr weicherer Kost zu einer veränderten Morphologie von Maxilla und Mandibula, sowie einem veränderten Schädelwachstum führen kann, wurde bereits in zahlreichen tierexperimentellen Studien untersucht (Beecher and Corruccini, 1981; Kiliaridis et al., 1985; Ciochon et al., 1997; Lieberman, 2004).

Kiliaridis et al. (1985) fanden im Rahmen einer Studie, bei denen zwei Gruppen von Ratten unterschiedlich ernährt worden sind, dass die Gruppe mit einer weicheren Nahrung eine geringere Wachstumsrate im Bereich des Unterkiefers aufwies, als die mit einer natürlichen Hartkost. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass der M. masseter nicht nur das bone remodelling der Masseterregion beeinflusst, sondern darüber hinaus das gesamte Schädelwachstum (Kiliaridis et al., 1985).

Auch Beecher and Corruccini (1981) kamen bei Ihren Untersuchungen von Ratten zu der Schlussfolgerung, dass unterschiedlich harte Ernährung zu signifikanten Unterschieden bezogen auf die Größe der Maxilla bzw. des Gesichtsschädels führt. Dies wurde durch Untersuchungen am Klippschleifer bestätigt (Lieberman, 2004). Ein höherer Verarbeitungsgrad von Nahrung führt demnach zu einer Reduktion des mandibulären und maxillären Wachstums (Lieberman, 2004). Dass die Konsistenz der Nahrung in direktem Zusammenhang zum Schädelwachstum steht, zeigten auch die Untersuchungen von Ciochon et al. (1997).

Diese Autoren untersuchten den Einfluss der Nahrungskonsistenz auf die Schädelmorphologie an Miniaturschweinen. Diese Studie ist insofern von Interesse, weil Miniaturschweine hinsichtlich der Morphologie des Kauapparates, sowie insbesondere hinsichtlich ihrer omnivoren Ernährungsweise gewisse Parallelen mit dem Menschen aufweisen (Schumacher et al., 1987). Ciochon et al. (1997) konnten bei diesen Miniaturschweinen signifikante Unterschiede in Bezug auf Breite und Dicke des Unterkieferastes, sowie der Unterkiefersymphyse zwischen den Gruppen mit normaler und weicher Ernährung feststellen.

Paschetta et al. (2010) versuchten die Ergebnisse der Tierstudien auf den Menschen zu übertragen. Bei der Untersuchung einer archäologischen Population konnte festgestellt werden, dass die Umstellung der Ernährung hin zu weicherer Kost zu einer Reduktion der Größe der Fossa temporalis, sowie einer Verschiebung des Ansatzes des M. temporalis führen. Sardi et al. (2016) kamen bei der Betrachtung von menschlichen Schädeln zu ähnlichen Ergebnissen. In dieser Studie wurden zwei Populationen untersucht. Während eine Population Jäger und Sammler beinhaltete, die sich durch Subsistenzwirtschaft ernährten, bestand die andere Population aus Farmern, die moderne Landwirtschaft praktizierten.

Sardi et al. (2016) konnten bei der Population der Farmer eine deutliche Größenreduktion des Kauapparates beobachten, die sie auf einen geringeren mastikatorischen Stress zurückführten. Sardi et al. (2016) betonten jedoch auch, dass der geringere Proteingehalt der Nahrung bei der Population der Farmer als eine mögliche Erklärung nicht ausgeschlossen werden kann.

In einer ähnlichen Studie untersuchten Katz et al. (2017) den Einfluss weicherer Kost auf die Schädelmorphologie. In der Studie wurden die Schädel verschiedener Populationen anhand der vorherrschenden Landwirtschaft und zugeführten Ernährung in Gruppen eingeteilt. Als Kontrollgruppe dienten Schädel von Populationen, die sich hauptsächlich von Erzeugnissen der vorindustriellen Landwirtschaft ernährten. Die Schädel wurden dann hinsichtlich verschiedener anatomischer Landmarken untersucht. Dabei konnten Unterschiede festgestellt werden, die neben der unterschiedlichen Ernährung auch auf genetische Faktoren zurückgeführt wurden (Katz et al., 2017).

Klima

Da die von uns untersuchten Populationen in verschiedenen Klimazonen beheimatet waren, ist es wichtig, den Einfluss des Klimas auf die Schädelmorphologie näher zu betrachten. In verschiedenen anatomischen und anthropologischen Untersuchungen konnte ein Einfluss der Umgebungstemperatur auf verschiedene Schädelmaße festgestellt werden (Coon et al., 1950; Carey and Stegman, 1981; Franciscus and Long, 1991). Insbesondere kalte Temperaturen beeinflussen demnach die Schädelmorphologie (Coon et al., 1950, Harvati and Weaver, 2006; Hubbe et al., 2009). So wird berichtet, dass die Schädel von Populationen, die in sehr kalten Regionen beheimatet sind, insgesamt größer sind, als die aus wärmeren Gebieten (Beals et al., 1983; Roseman, 2004). Diese Erkenntnisse konnten durch tierexperimentelle Untersuchungen an Ratten bestätigt werden (Carey and Stegmann, 1981). Carey and Stegmann (1981) beschreiben in ihren Untersuchungen jedoch auch, dass neben der Temperatur auch die Luftfeuchtigkeit einen Einfluss auf die Schädelmorphologie hat.

Shea (1977) untersuchte die Schädelmorphologie und das Volumen des Sinus maxillaris anhand verschiedener Eskimo Populationen und stellte statistisch signifikante Korrelationen zwischen dem Volumen des Sinus maxillaris und der Durchschnittstemperatur des kältesten Monats fest.

Weiterhin berichtet Shea (1977), dass insbesondere die Morphologie der Bereiche des Schädels, die in besonderem Maße der Kälte ausgesetzt sind, wie die Nasenöffnungen, durch das Klima beeinflusst werden. Rae et al. (2006) bestätigten diese Ergebnisse bei Untersuchungen von Ratten, die unter Kälteeinwirkung aufgezogen wurden. Diese Tiere zeigten nicht nur signifikant kleinere Schädelmaße, sondern auch einen kleineren Sinus maxillaris im Vergleich zu einer entsprechenden Kontrollgruppe (Rae et al., 2006).

Harvati and Weaver (2006) haben den Gesichtsschädel, das Os temporale und das Neurocranium verschiedener menschlicher Populationen aus unterschiedlichen klimatischen Regionen vermessen. Dabei konnte festgestellt werden, dass ausschließlich der Gesichtsschädel signifikant mit der Temperatur korreliert. Da die Morphologie von Os temporale und Neurocranium kaum Unterschiede in Abhängigkeit von geografischen Faktoren aufwies, vermuteten Harvati and Weaver (2006), dass diese Schädelanteile eher genetisch determiniert sind. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Hubbe et al. (2009) bei der Vermessung des Mittelgesichtes von Schädeln aus geografisch voneinander getrennten Regionen.

Insbesondere die knöchernen Strukturen des oberen Respirationstraktes scheinen in Ihrer Morphologie durch das Klima beeinflusst zu werden (Noback et al., 2011; Drefs, 2012; Bärenklau, 2016; Noback et al., 2016; Evteev et al., 2017). Noback et al. (2011) vermuten, dass Bereiche des Oropharynx überwiegend durch Luftfeuchtigkeit beeinflusst werden, während die Größe der Cavitas nasi einem unmittelbaren Einfluss der Temperatur unterliegt. In einer weiteren anthropologischen Studie untersuchten Noback et al. (2016) die mögliche klimatische Anpassung der Sinus paranasales und der Cavitas nasi von Neandertalern. Bei der Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die Morphologie des Mittelgesichtes, der Cavitas nasi und der Sinus paranasales klimatischen Einflüssen unterliegen. Dies konnte in einer ähnlichen Untersuchung von europäischen und asiatischen Populationen des späten Pleistozäns bestätigt werden (Evteev et al., 2017). Auch Drefs (2012) beschreibt, dass ein Einfluss klimatischer Faktoren auf die Cavitas nasi nicht ausgeschlossen werden kann, während Bärenklau (2016) einen klimatischen Einfluss auf das Volumen aller Nasennebenhöhlen feststellte.

Einfluss der Muskulatur

Die Kaumuskeln des Menschen gelten aufgrund ihrer starken Fiederung und des dementsprechend großen physiologischen Querschnitts als stärkste Gruppe der Kopfmuskeln (Schumacher, 1984). Daher haben sie besonderen Einfluss auf die knöchernen Strukturen des Kopf – Hals – Bereichs. Ihren Ansätzen und Ursprüngen entsprechend üben die Kaumuskeln vor allem Spannungen auf das Viszerocranium und die Mandibula aus (Schumacher, 1984). Kiliaridis (1995) berichtet, dass eine gesteigerte Funktion der Kaumuskeln mit einem nach anterior gerichteten Wachstum der Mandibula assoziiert sein kann, und zwar im Bereich des Processus condylaris, Processus coronoideus und des Angulus mandibulae. Das trifft insbesondere auf den M. masseter zu. So konnten positive Korrelation zwischen der Dicke des M. masseter und der Höhe und Breite des menschlichen Gesichtsschädels festgestellt werden (Raadsheer et al., 1991, Charalampidou et al., 2008).

Bei der Untersuchung von 60 Probanden im Alter von 7 – 18 Jahren stellten Kiliaridis et al. (2003) fest, dass ein stärker ausgeprägter M. masseter mit einem größeren Abstand der Oberkiefermolaren zueinander verknüpft ist und somit die Breite der Maxilla unmittelbar beeinflusst. Ueda et al. (1998) beobachteten mittels Elektromyografie die Muskelaktivität von M. temporalis, M. masseter und M. digastricus von Probanden im Alter von 15 bis 28 Jahren. Außerdem wurde bei jedem Patienten eine Schädelvermessung mittels Kephalemetrie durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass M. masseter und M. digastricus vor allem die Breite des Gesichtsschädels beeinflussen, während die Aktivität des M. temporalis eher einen Einfluss auf die vertikale Schädelmorphologie besitzt.

Bei tierexperimentellen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass eine geringere Muskelaktivität zu einer veränderten Schädelmorphologie führen kann (Yonemitsu et al., 2006; Kwon et al., 2007; Tsai et al., 2009; Tsai et al., 2010). He and Kiliaridis (2003) beobachteten bei Ratten, die einem geringeren mastikatorischen Stress ausgesetzt wurden, schmalere Schädel, sowie einen deutlich verschmälerten Arcus zygomaticus. Umbauprozesse innerhalb des Knochens werden durch die periostale Membran reguliert, die bei einer Reduktion der ausgeübten Kaukräfte unter geringerer Spannung steht (Engström et al., 1986; Kiliaridis, 1986). Kwon et al. (2007) führten Experimente an Neuseeländischen Hasen durch, bei denen Botulinumtoxin Typ A in die Kaumuskeln injiziert wurde. Der Kontrollzeitraum belief sich auf 24 Wochen. Nach 8 Wochen und nach 24 Wochen wurden CT Aufnahmen angefertigt und das Knochenvolumen im Bereich der Mandibula vermessen.

In den CT Untersuchungen nach 8 Wochen konnte ein geringeres Knochenvolumen im Bereich der Mandibula bei den Tieren gezeigt werden, die eine Injektion in die Kaumuskulatur erhielten. Nach 24 Wochen wurde das fehlende Knochenvolumen jedoch teilweise wieder aufgefüllt. Trotzdem ist ein Effekt der Kaumuskulatur auf das kraniofaziale Wachstum nicht auszuschließen. Auch Tsai et al. (2009) stellten bei tierexperimentellen Untersuchungen Korrelationen zwischen der Muskelaktivität und dem Schädelwachstum fest. Es lässt sich jedoch auch ein regulierender Einfluss von Weichgewebe auf das Knochenwachstum nachweisen (Tsai et al., 2009).

2.4. Klinische Bedeutung des Canalis infraorbitalis

Klinisch ist der Canalis infraorbitalis vor allem in der Traumatologie von Bedeutung. Aufgrund der anatomischen Position des Foramen infrorbitale besteht bei Frakturen des Mittelgesichts die Gefahr, dass das Gefäß – Nervenbündel mitbetroffen ist. Statistische Untersuchungen zur Epidemiologie von Gesichtsschädelverletzungen, die in der Mund – Kiefer – und Gesichtschirurgie therapiert werden, zeigten, dass der Anteil der Frakturen mit Beteiligung des Mittelgesichts bei 59,6% liegt (Wagner, 2005). Die Einteilung der Frakturen erfolgt entlang der Bruchlinienverläufe in Le Fort – Frakturen, Frakturen des Os zygomaticum, Nasoethmoidfrakturen, sowie Orbitabodenfrakturen (Bos et al., 1997; Mast et al., 2010). Demgegenüber teilen Schwenzer und Grimm (1990) Mittelgesichtsfrakturen in Kraniofaziale Absprengungen, Lokalisierte Frakturen und in Nicht Klassifizierbare Frakturen ein.

Verschiedene retrospektive Untersuchungen von Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen zeigen, dass am häufigsten das Os zygomaticum betroffen ist (Turvey, 1977; Brook and Wood, 1983; Ellis et al., 1985; Nair et al., 1986; Cook and Rowe, 1990; van den Bergh et al., 2012; Salentijn et al., 2013). Die angegebenen Häufigkeiten variieren dabei von 43,9% (Ellis et al., 1985) bis hin zu 86% (Brook and Wood, 1983). Bei einer retrospektiven Untersuchung von 579 Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen beobachteten van den Bergh et al. (2012), dass bei Frakturen innerhalb der oberen 2/3 des Gesichtes zu 80% das Os zygomaticum betroffen war (van den Bergh et al., 2012). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Salentijn et al. (2013) bei einer retrospektiven Untersuchung von 278 Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen. In dieser Studie trat die Jochbeinfraktur am häufigsten auf (77%), gefolgt von der Jochbogenfraktur, sowie der Orbitabodenfraktur.

Schwenzer und Grimm (1990) führen als Hauptgrund für die hohe Prävalenz von Jochbeinfrakturen die exponierte Lage des Os zygomaticum an.

Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des N. infraorbitalis gelten als unsicheres Frakturzeichen einer Jochbein – Jochbogen – Fraktur (Schwenzer und Grimm, 1990). Auch Salentijn et al. (2013) beobachteten, dass eine Parästhesie der Infraorbitalregion eine häufige Komplikation von Mittelgesichtsfrakturen sein kann. Als eine natürliche Schwachstelle in der Rahmenkonstruktion des Mittelgesichts, führen die Frakturlinien von Jochbeinfrakturen häufig unmittelbar durch das Foramen infraorbitale (Schilli, 1990; Vriens et al. 1998; El – Anwar and Sweed, 2018). In einer aktuellen Studie von El – Anwar and Sweed (2018) wurde mittels CT – Untersuchungen an 76 Patienten versucht, die Position des Foramen infraorbitale durch 3D Rekonstruktion in Bezug zu verschiedenen Frakturlinien des Mittelgesichtes darzustellen. In 28,6% der Fälle verlief die Frakturlinie dabei unmittelbar durch das Foramen infraorbitale. In jeweils 9 Fällen verlief die Frakturlinie ausschließlich medial bzw. lateral des Foramen infraorbitale. Über die Häufigkeit eines Sensibilitätsverlustes im Bereich des Versorgungsgebietes des N. infraorbitalis in Zusammenhang mit einer Mittelgesichtsfraktur finden sich in der Literatur zahlreiche Angaben. Vielen Untersuchungen zufolge liegt die Häufigkeit zwischen 30 und 80% (Tab. 1).

Tab.1 Ergebnisse verschiedener Studien zur Häufigkeit präoperativer Sensibilitätsstörungen des N. infraorbitalis infolge von Frakturen des Mittelgesichts

Studie	n	Sensibilitätsstörungen des N. infraorbitalis in %
Nordgaard (1976)	124	46
Ellis et al. (1985)	1974	50
Kristensen and Tvetaras (1986)	111	34
Jungel and Lindquist (1987)	68	82,3
Westermarck and Sindet – Pedersen (1992)	73	80
Taicher et al. (1993)	183	83,6
Schultze – Mosgau et al. (1999)	20	65
Renzi et al. (2004)	103	70,9
Sakavicious et al. (2008)	478	64,4
Noor et al. (2017)	75	70,67

n Anzahl aller untersuchter Probanden

Darüber hinaus stellten Renzi et al. (2004) fest, dass die Sensibilitätsausfälle im Versorgungsgebiet des N. trigeminus auch von der Art der Fraktur abhängig sind. So traten Sensibilitätsausfälle zu 54,4% bei nicht dislozierten Frakturen, zu 88,2% bei dislozierten Frakturen und zu 100% bei Frakturen mit unmittelbarer Nervbeteiligung auf (Renzi et al., 2004). Sakavicious et al. (2008) ermittelten mittels eines elektrischen Stimulus auf die Haut des Innervationsgebietes des N. infraorbitalis die PDT (Pain detection threshold).

Dadurch konnte festgestellt werden, dass Sensibilitätsstörungen bei nicht dislozierten Frakturen in 20,1% der Fälle und bei dislozierten Frakturen in 79,9% der Fälle auftraten.

Charakteristisch für Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des N. infraorbitalis in Folge von Frakturen des Mittelgesichtes ist vor allem eine Hypästhesie (Jungel and Lindquist, 1987; Taicher et al., 1993; Benoliel et al., 2005; Sakavicious et al., 2008). Taicher et al. (1993) beobachteten in 70% der Fälle eine Hypästhesie, während eine Hyperästhesie nur in 15% der Fälle festgestellt werden konnte. Sakavicious et al. (2008) ermittelten eine Hypästhesie in 52,5% der Fälle und eine Hyperästhesie bei 11,9% aller Patienten mit Sensibilitätsstörungen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Benoliel et al. (2005) bei der Untersuchung von potentiellen Sensibilitätsstörungen in Folge von Jochbeinfrakturen. Mittels mechanischer Testverfahren, elektrischen Testverfahren, Wärme und Akupunkturnadeln konnten in 50% eine Hypästhesie und in 8,3% eine Hyperästhesie festgestellt werden. 6 Monate postoperativ zeigte sich, dass die Mehrheit dieser Sensibilitätsstörungen ausgeheilt war (Benoliel et al., 2005).

Mittelgesichtsfrakturen werden überwiegend chirurgisch behandelt. Dabei ist eine Wiederherstellung der Funktion des N. infraorbitalis von großer Bedeutung. Wichtig für die Regeneration des Nerven ist demnach vor allem, dass der operative Eingriff möglichst schnell erfolgt (Kovacs and Gharemani, 2001; Adam et al., 2011; Kumar et al., 2012). Die Funktion des Nerven kann dabei postoperativ in 50 – 75% der Fälle wiederhergestellt werden, wobei die Regeneration insbesondere mit der postoperativ vergangenen Zeit korreliert (Westermarck and Sindet – Pedersen, 1992). Schultze – Mosgau et al. (1999) berichteten, dass in Folge der Therapie die Häufigkeit von Sensibilitätsstörungen von 65% präoperativ auf 15% reduziert werden konnten.

Chirurgisch gibt es die Möglichkeit, Jochbeinfrakturen mittels intraossärer Verdrahtung oder mittels Osteosyntheseplatten zu behandeln. Dabei konnten positive Effekte auf die Regeneration des N. infraorbitalis beobachtet werden, wenn Osteosyntheseplatten verwendet wurden (Vriens and Moos, 1995; Benoliel et al., 2005). Beim Einsatz von intraossärer Verdrahtung konnte eine signifikant höhere Prävalenz von postoperativ bestehenden Sensibilitätsstörungen festgestellt werden (De Man and Bax, 1988). Daher ist der Einsatz von Osteosyntheseplatten zur Therapie von Jochbeinfrakturen mittlerweile häufig zu beobachten (Covington et al., 1994).

Andere Autoren berichteten, dass bei nicht dislozierten Frakturen eine konservative Therapie ohne Operation eine bessere Prognose für die Regeneration des N. infraorbitalis haben kann (Peltomaa and Rihkanen, 2000). Bei der Untersuchung von 226 Patienten mit Orbitabodenfrakturen und nicht dislozierten Jochbeinfrakturen beobachteten Peltomaa and Rihkanen (2000), dass eine präoperativ bereits bestehende Sensibilitätsstörung des N. infraorbitalis durch eine operative Therapie nicht verbessert wurde, da durch die Operation das Hämatom in der regio infraorbitalis verstärkt wurde. Es wird daher empfohlen, bei einfachen, nicht dislozierten Frakturen eine konservative Therapie durchzuführen und es gilt zu überprüfen, ob minimale Eingriffe, wie z. B. eine selektive Dekompression zusätzlich positive Effekte auf die Regeneration des N. infraorbitalis haben können (Peltomaa and Rihkanen, 2000, Baily et al., 2007; Yoon et al., 2016; Beigi et al., 2017).

Baily et al. (2007) berichteten, dass bei 3 Patienten mit chronischer Hyperästhesie als Folge von langfristig unbehandelten Frakturen, durch eine Dekompression des N. infraorbitalis eine signifikante Besserung der Symptome festgestellt werden konnte. Yoon et al. (2016) untersuchten die Effekte der Dekompression auf die Regeneration des Nerven bei 257 Patienten mit unilateralen Jochbeinfrakturen. 70% der Patienten wiesen präoperativ bereits eine Hypästhesie des N. infraorbitalis auf. Alle Patienten wurden operativ behandelt durch eine Rekonstruktion des Orbitabodens und einer internen Fixation mittels Osteosyntheseplatten. In einigen Fällen wurde eine Dekompression des Nerven durchgeführt. Dabei wurde Knochen rund um den Nerven abgetragen, sowie Knochenfragmente entfernt. Bei der Langzeituntersuchung konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Regeneration des N. infraorbitalis festgestellt werden, zwischen Patienten, die eine Dekompression des N. infraorbitalis erhielten und Patienten, bei denen keine Dekompression durchgeführt wurde (Yoon et al., 2016). Dem gegenüber beobachteten Beigi et al. (2017) positive Effekte der Dekompression auf die Regeneration des N. infraorbitalis. Bei neun Patienten mit unbehandelten Orbitabodenfrakturen und bestehenden Neuralgien wurde eine Dekompression durchgeführt und alle Patienten berichteten von einer deutlichen Besserung der Symptome (Beigi et al., 2017).

2.5. Verfahren zur Untersuchung von Canalis und Foramen infraorbitale

Die Untersuchungen zum Canalis und Foramen infraorbitale beim Menschen werden mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt. Sehr häufig finden sich in der Literatur Studien, die digital, anhand von röntgenologischen Untersuchungen durchgeführt wurden. Dabei werden vorwiegend dreidimensionale Verfahren wie CT – oder DVT – Schnittaufnahmen verwendet (Hwang et al., 2013; Raschke et al., 2013; Dagistan et al., 2016). Seltener wird eine Untersuchung des Canalis infraorbitalis anhand von 2D – Panoramaschichtaufnahmen durchgeführt (Scarfe et al., 1998; Yesilova and Bayrakdar, 2018). Viele Erkenntnisse zum Canalis infraorbitalis basieren jedoch auch auf der direkten Vermessung knöcherner Schädel (Cutright et al., 2003; Singh et al., 2011; Elsheikh et al., 2013). Darüber hinaus wurde von Mouri (1990) bei der Untersuchung nichtmenschlicher Primaten eine einfache Inspektion von Canalis und Foramen infraorbitale vorgenommen.

Die Anwendung einer Methode ist dabei auch abhängig vom verwendeten Untersuchungsmaterial. So wird die Vermessung des Canalis infraorbitalis am knöchernen Schädel direkt mit einer Messsonde durchgeführt (Przygocka et al., 2013; Nguyen et al., 2016; Nam et al., 2017). Die Abstände des Foramen infraorbitale zum Margo orbitalis inferior sowie zur Mediansagittalebene des Schädels werden dabei häufig mit einer digitalen Schieblehre ermittelt (Lopes et al., 2009; Nneka et al., 2015; Pratibha and Ramesh, 2017). Im Gegensatz dazu werden Untersuchungen des Kanals bei Probanden eher anhand von CT – oder DVT – Schnittbildern durchgeführt (Hwang et al., 2013; Raschke et al., 2013). Aufgrund der geringeren Strahlenexposition wird der Canalis infraorbitalis dabei immer häufiger ausschließlich mittels DVT – Aufnahmen untersucht (Dagistan et al., 2016; Fontollet et al., 2019). Dem gegenüber konnte bei Untersuchungen anhand von Panoramaschichtaufnahmen lediglich eine Einteilung des Kanals anhand der Sichtbarkeit im OPG vorgenommen werden (Scarfe et al., 1998; Yesilova and Bayrakdar, 2018).

Die Verfahren zur Untersuchung des Canalis infraorbitalis wurden bereits in einigen Studien miteinander verglichen. Bei Vergleichen zwischen Panoramaschichtaufnahmen und der digitalen Volumentomografie konnte für das DVT eine signifikant höhere Genauigkeit festgestellt werden (Moshiri et al., 2007; van Vlijmen et al., 2009; Küker, 2010). Das DVT ermöglicht die Darstellung kleinerer Knochenstrukturen und macht eine exaktere Untersuchung des Kanals möglich (Haghnegahdar et al., 2018).

Im Gegensatz dazu konnten bei Untersuchungen zur Position des Foramen mentale kein Unterschied zwischen OPG und DVT ermittelt werden (Chakraborty et al., 2019). Trotzdem wird bei der Vermessung knöcherner Strukturen am Patienten vorrangig die digitale Volumetomografie eingesetzt (Kamburoglu et al., 2011). Bei der Untersuchung des Canalis infraorbitalis am knöchernen Schädel gilt hingegen die direkte Vermessung weiterhin als Goldstandard. Einige Studien zeigen jedoch eine vergleichbare Genauigkeit von direkter Vermessung und digitaler Volumetomografie (Kamburoglu et al., 2011). So konnte bei der Vermessung verschiedener anatomischer Landmarken des Schädels zwischen beiden Methoden Abweichungen von unter 1% beobachtet werden (Stratemann et al., 2006).

3. Material und Methoden

3.1. Material

Für die Untersuchung standen insgesamt 65 adulte Schädel unterschiedlicher Populationen zur Verfügung. Grundsätzlich wurden in der Studie drei geografisch und zeitlich voneinander getrennte Populationen miteinander verglichen. Dabei handelt es sich um eine rezente Population aus Kyoto, Japan und zwei archäologische Populationen aus Jena und Litauen, welche teilweise schon in früheren morphologischen Studien hinsichtlich anderer Strukturen wie z.B. den Nasennebenhöhlen untersucht wurden (Drefs, 2012; Bärenklau, 2016). Die verschiedenen Populationen aus Litauen wurden in der vorliegenden Studie zusammengefasst.

Bei den verschiedenen litauischen Populationen handelt es sich hauptsächlich um die Populationen Plinkaigalis und Alytus. Des Weiteren wurden 2 Schädel der Population Jakštaičiai-Meškiai und jeweils 1 Schädel der Population Pagrybis und Karmėlava einbezogen. Die Namensgebung richtet sich dabei nach dem nächstgelegenen Ort der Herkunftsregion der jeweiligen Population. Mit Ausnahme der Population aus Jena und Teilen der Population Plinkaigalis, ist das Geschlecht bekannt (Tab.2)

Tab. 2 Geografische und zeitliche Einordnung der Populationen, sowie Schädelanzahl

Population	Anzahl	Geografische Breite	Geografische Länge	Zeitliche Einordnung
Kyoto	8	35°01' nördl. Breite	135°46' östl. Länge	20. Jhd.
Jena	9	50°56' nördl. Breite	11°35' östl. Länge	5000 - 1000 v. Chr.
Alytus	7	54°24' nördl. Breite	24°03' östl. Länge	14.- 17. Jhd.
Plinkaigalis	37	55°52' nördl. Breite	23°40' östl. Länge	5.- 6. Jhd.
Jakštaičiai- Meškiai	2	55°52' nördl. Breite	23°8' östl. Länge	9.- 11. Jhd.
Pagrybis	1	55°31' nördl. Breite	22°26' östl. Länge	5.-6-Jhd.
Karmėlava	1	54°58' nördl. Breite	24°4' östl. Länge	16.-17.Jhd.

Tab. 3 Geschlechtsverteilung innerhalb der Populationen

Population	männlich	weiblich	Nicht bekannt	Anzahl
Kyoto	3	5	-	8
Jena	-	-	9	9
Alytus	3	4	-	7
Plinkaigalis	14	14	9	37
Jakštaičiai-Meškiai	1	1	-	2
Pagrybis	-	1	-	1
Karmėlava	-	1	-	1

Kyoto

Die Schädel dieser Population wurden aus der Sammlung des Laboratory of Anthropology der Kyoto Universität zur Verfügung gestellt. Die Population ist in Kyoto beheimatet, welche sich auf der japanischen Insel Honschu befindet. Es handelt sich um die jüngste der betrachteten Populationen.

Das Klima in der westjapanischen Stadt wird als warm und gemäßigt beschrieben und weist ganzjährig hohe Niederschlagsmengen auf. Im Jahresdurchschnitt herrschen hier 15,4 Grad und es fallen jährlich circa 1700 mm Niederschlag (Climate - Data, 2018). Insbesondere der Sommer ist in Kyoto sehr warm (wärmster Monat August mit durchschnittlich 27,9 Grad) mit teilweise hohen Niederschlagsmengen (niederschlagsreichste Monat Juli mit 243mm). Ein weiteres Merkmal der Region ist, dass Kyoto von einer sehr hügeligen Landschaft umgeben ist, mit Bergen von über 1000m Höhe.

Die durchschnittliche Körpergröße eines japanischen Mannes beträgt 170 cm und einer japanischen Frau 157 cm.

Jena

Die Schädel der Population aus Jena wurden vom Institut für Humangenetik der Friedrich-Schiller-Universität Jena zur Verfügung gestellt. Bei diesen Schädeln handelt es sich um archäologische Funde aus der Elbe-Saale-Region. Das Klima dieser Region wird ebenfalls als warm-gemäßigt beschrieben, mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,6 Grad (Climate-Data, 2018). Die Schädel sind der Jungsteinzeit zuzuordnen und es ist davon auszugehen, dass sie in einem abgeschlossenen Siedlungsraum, umgeben von Gebirgen und Sandgebieten, angesiedelt war (Bärenklau, 2016). Die durchschnittliche Körpergröße dieser Population betrug 170 cm und die Lebenserwartung lag bei etwa 20 Jahren (Bärenklau, 2016).

Litauen

Für die Studie wurden 48 Schädel litauischer Herkunft verwendet, welche durch das Departement of Anatomy, Histology and Anthropology der Vilnius University Litauen zur Verfügung gestellt wurden.

Insgesamt lagen 7 Schädel der mittelalterlichen Population Alytus vor, welche zwischen 1984 - 1986 von E. Svetikas ausgegraben wurden (Bärenklau, 2016). Die Population ist einer typisch mittelalterlichen Stadtbevölkerung zuzuordnen, ebenso wie die Population aus Karmélava (1 Schädel). Die durchschnittliche Körpergröße von Männern betrug 166 cm und von Frauen 155 cm bei einer durchschnittlichen Lebenserwartung von 37 Jahren (Jankauskas, 2002). In der Studie wurden des Weiteren 37 Schädel der Population Plinkaigalis untersucht. Diese der Eisenzeit zuzuordnende Population organisierte sich eher in Dorfgemeinschaften von etwa 50 Individuen (Bärenklau, 2016). Auch die Populationen Jakštaičiai- Meškiai (2 Schädel) und Pagrybis (1 Schädel) sind zeitlich dieser Periode zuzuordnen. Die männliche Bevölkerung erreichte eine Körpergröße von etwa 174cm während die Frauen circa 161 cm groß wurden, bei einer Lebenserwartung von etwa 24 Jahren (Jankauskas, 2002). Insgesamt lässt sich das Klima in Litauen als maritim-kontinental beschreiben. Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 6,7 Grad und ist gekennzeichnet durch warme Sommer (wärmster Monat Juli mit durchschnittlich 17 Grad) und kalte Winter (kältester Monat Januar mit durchschnittlich -5,1 Grad). Die Jahresniederschlagsmenge beträgt 745 mm (Deutscher Wetterdienst).

3.2. Methoden

3.2.1. Anfertigung der CT-Aufnahmen

Alle Schädel wurden mittels eines Computertomografen bei einer Schichtdicke von 1mm in koronarer Ebene geröntgt. Dabei wurden die computertomografischen Aufnahmen der Schädel aus Kyoto mit dem Toshiba X-Vision CT (Toshiba Corporation, Tokyo, Japan) bei einer Spannung von 120 kV und einer Stromstärke von 230 mA am Laboratory of Anthropology der Kyoto Universität, Japan angefertigt. Die Schädel der Population aus Jena wurden mit dem Siemens Sensation 16 CT (Siemens AG, Berlin, Deutschland) am Institut für Diagnostische Radiologie und Neurologie der Universität Greifswald bei 120 kV und 75 mA geröntgt. Hier entstand auch ein Teil der CT-Aufnahmen der Schädel aus Litauen. Der andere Teil der litauischen Schädel wurde von Dr. Simonas Grybauskas ebenfalls mittels des Siemens Sensation 16 CT (Siemens AG, Berlin, Deutschland) bei einer Spannung von 120kV und einer Stromstärke von 33 mA am Department of Radiology des Institute of Stomatology der Vilnius University geröntgt.

3.2.2. Vermessung des Canalis infraorbitalis

Bestimmung der Lage des Canalis infraorbitalis

Die Vermessungen zur Lagebestimmung des Canalis infraorbitalis erfolgten mittels zweier Hilfsprogramme. Es wurden dabei einerseits das Programm Horos, optimiert für das Betriebssystem Mac OSX und das Programm RadiAnt DICOM Viewer Vers. 4.6.9 des Herstellers Medixant (2011) verwendet. Letzteres musste mit dem Programm Wine Bottler für das Betriebssystem Mac OSX optimiert werden.

Für die Vermessung wurden die Aufnahmen mit der Programmfunktion 3D MPR untersucht, welche mittels multiplanarer Rekonstruktion arbeitet. Dafür mussten die DICOM Dateien der Präparate in dieser Programmfunktion nach Referenzpunkten ausgerichtet werden (Abb. 3-4).

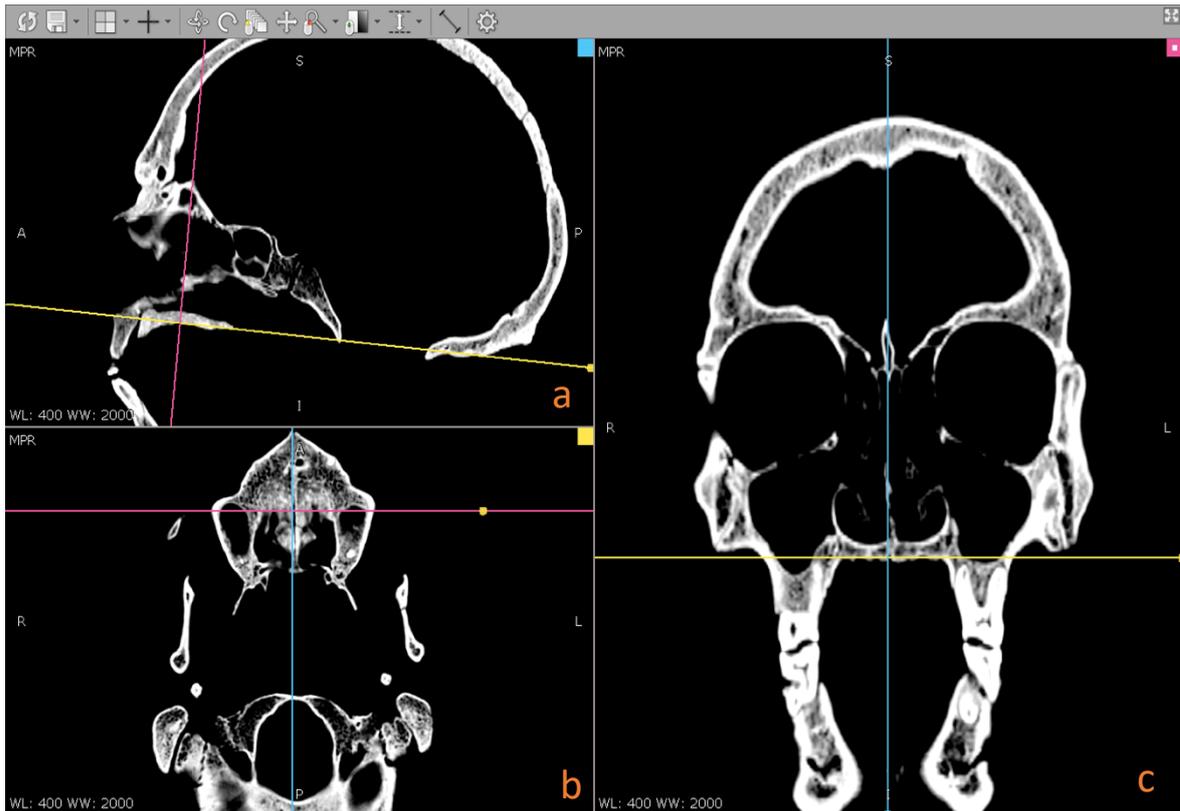


Abb. 3 Benutzeroberfläche des Radiant DICOM Viewers in der Funktion 3D MPR mit Darstellung des CT – Datensatzes eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis. **a** Mediansagittalschnitt, **b** Horizontalschnitt und **c** Frontalschnitt. Der Datensatz ist so ausgerichtet, dass die Transversalebene (gelbe Linie) in **a** entlang des harten Gaumens durch die Spina nasalis anterior und die Spina nasalis posterior verläuft. Beide Knochenpunkte sind auch in **b** zu erkennen. Die vertikale rosa Linie in **a** zeigt die Position des Frontalschnittes **c**. Im Frontalschnitt **c** wurde bei der Ausrichtung darauf geachtet, dass die Mediansagittalebene (blaue Linie) mittig durch das Septum nasi verläuft.

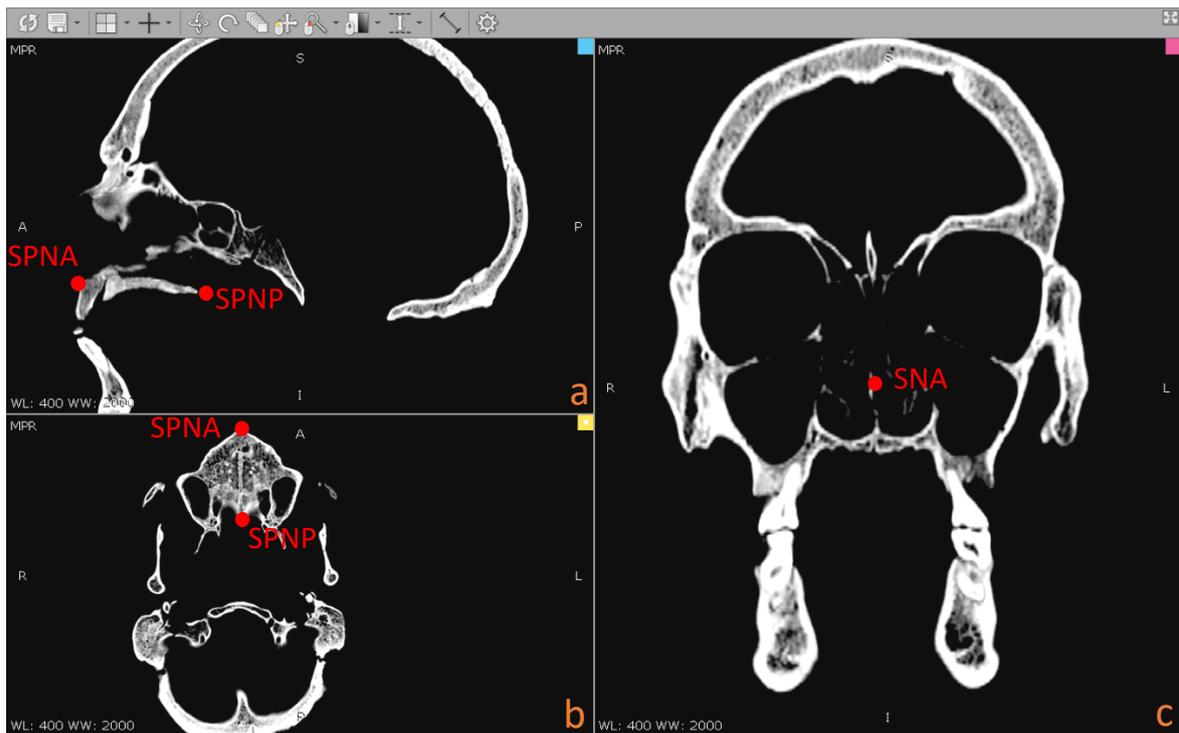


Abb. 4 Benutzeroberfläche des Radiant DICOM Viewers in der Funktion 3D MPR mit Darstellung des CT – Datensatzes des adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis der Abbildung 1. Im Mediansagittalschnitt **a** und im Horizontalschnitt **b** sind die Knochenpunkte Spina nasalis anterior (SPNA) und Spina nasalis posterior (SPNP) markiert. Im Frontalschnitt **c** ist das Septum nasi (SNA) mit einem roten Punkt markiert.

Anschließend wurde der Eingangs- und Ausgangspunkt des Canalis infraorbitalis in der Frontalansicht bestimmt. Da der Canalis infraorbitalis zunächst als Rinne im hinteren lateralen Teil des Orbitabodens imponiert, wurde in der Frontalansicht der Übergang von dieser Rinne in einen vollständig knöchern geschlossenen Kanal als orbitaler Eingang des Kanals definiert. Der am weitesten medial gelegene Punkt des orbitalen Eingangs wurde als Messpunkt OE festgelegt (Abb. 5).

In ähnlicher Weise wurde bei der Definition des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis vorgegangen. Dabei wurde in der Frontalansicht der Übergang vom vollständig geschlossenen Kanal in die unvollständig geschlossene Struktur als fazialer Ausgang des Canalis infraorbitalis festgelegt. Der am weitesten medial gelegene Punkt am fazialen Ausgang FA wurde als Messpunkt definiert (Abb. 6).

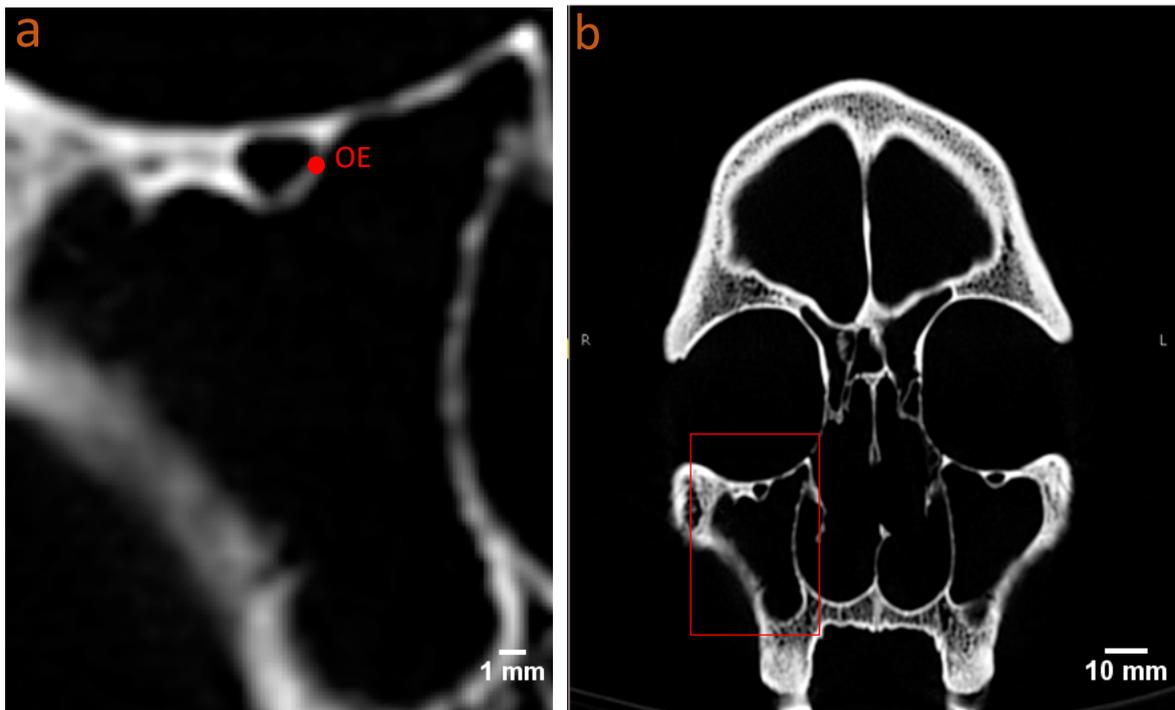


Abb. 5 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis zur Darstellung des Messpunktes OE (roter Punkt) am orbitalen Eingang des rechten Canalis infraorbitalis. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Bereichs.

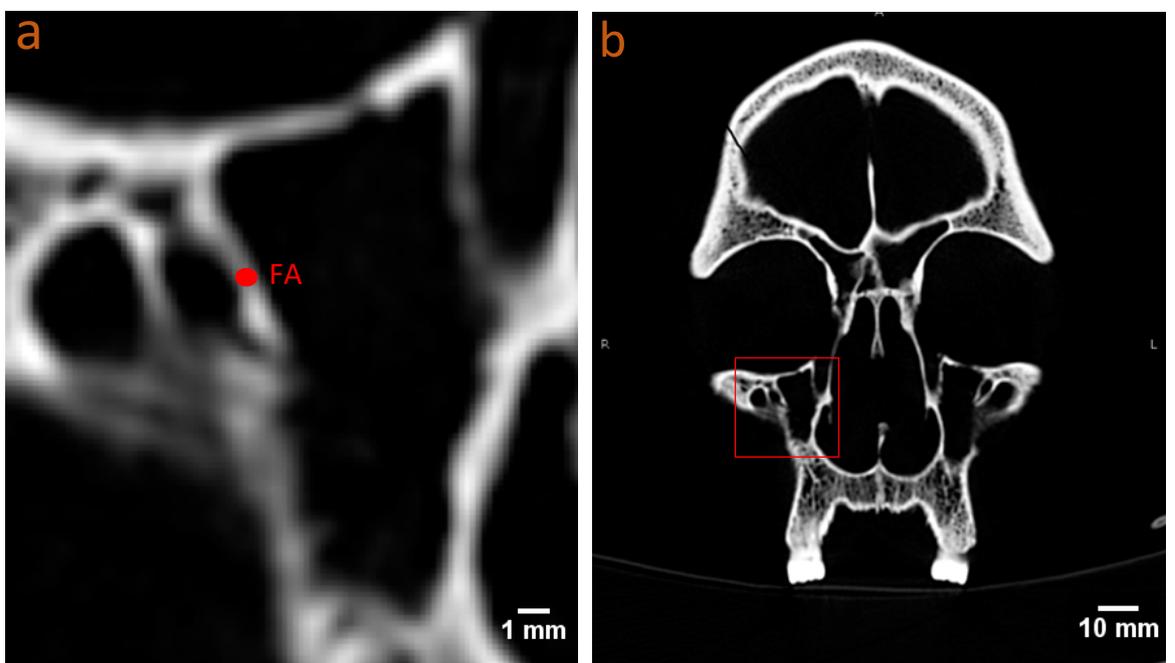


Abb. 6 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis zur Darstellung des Messpunktes FA (roter Punkt) am fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Bereichs.

Das Fadenkreuz wurde dann in der 3D MPR Funktion auf die in der Frontalansicht erhaltenen Messpunkte OE bzw. FA verschoben und die zugehörigen Punkte in der Sagittalansicht bzw. Transversalansicht markiert (Abb. 7 und 8). Nach Übertragung aller Punkte wurde ein Screenshot angefertigt.

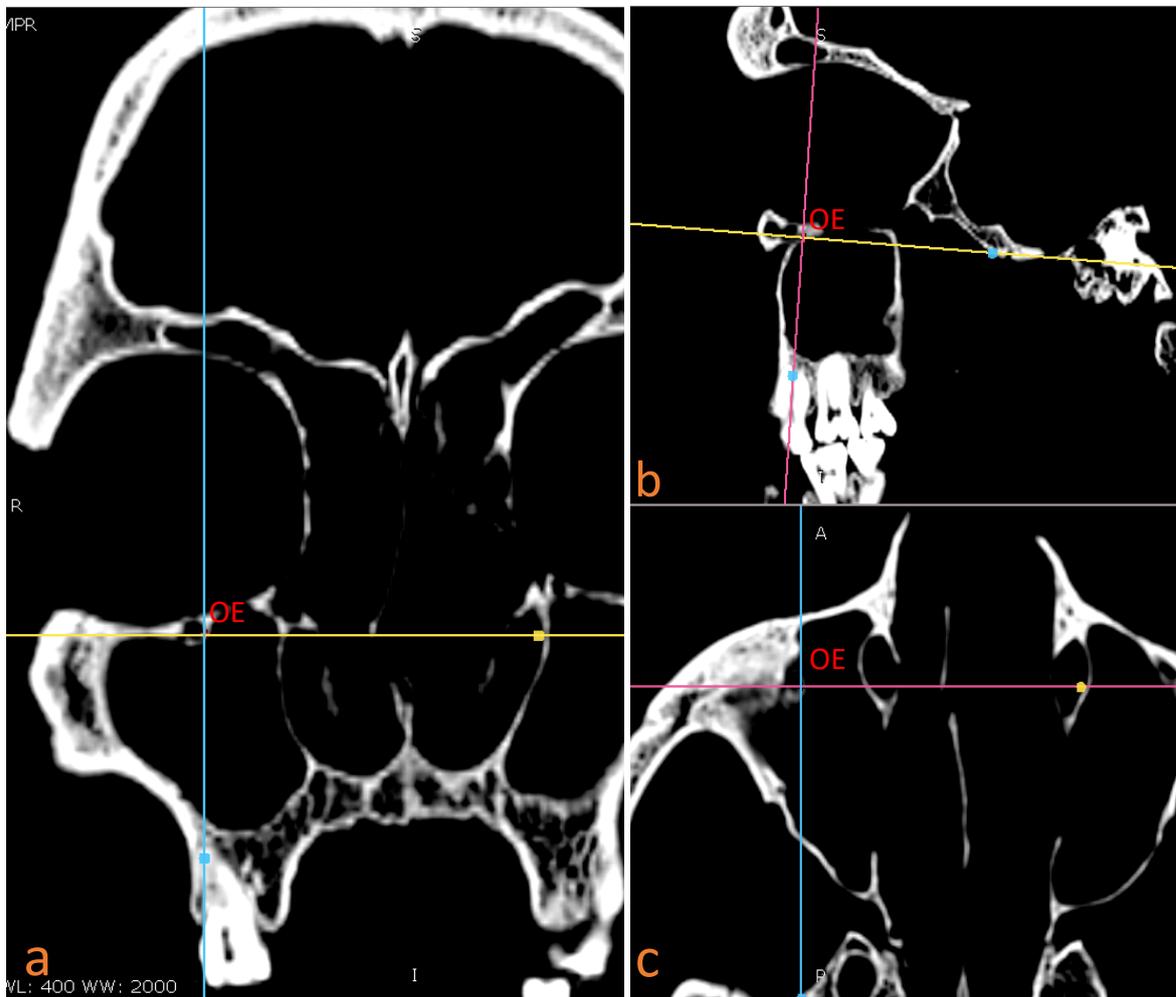


Abb. 7 CT- Datensatz eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis mit Darstellung des Messpunktes OE (Fadenkreuz) in der Frontalebene **a**, der Sagittalebene **b**, und der Transversalebene **c**.

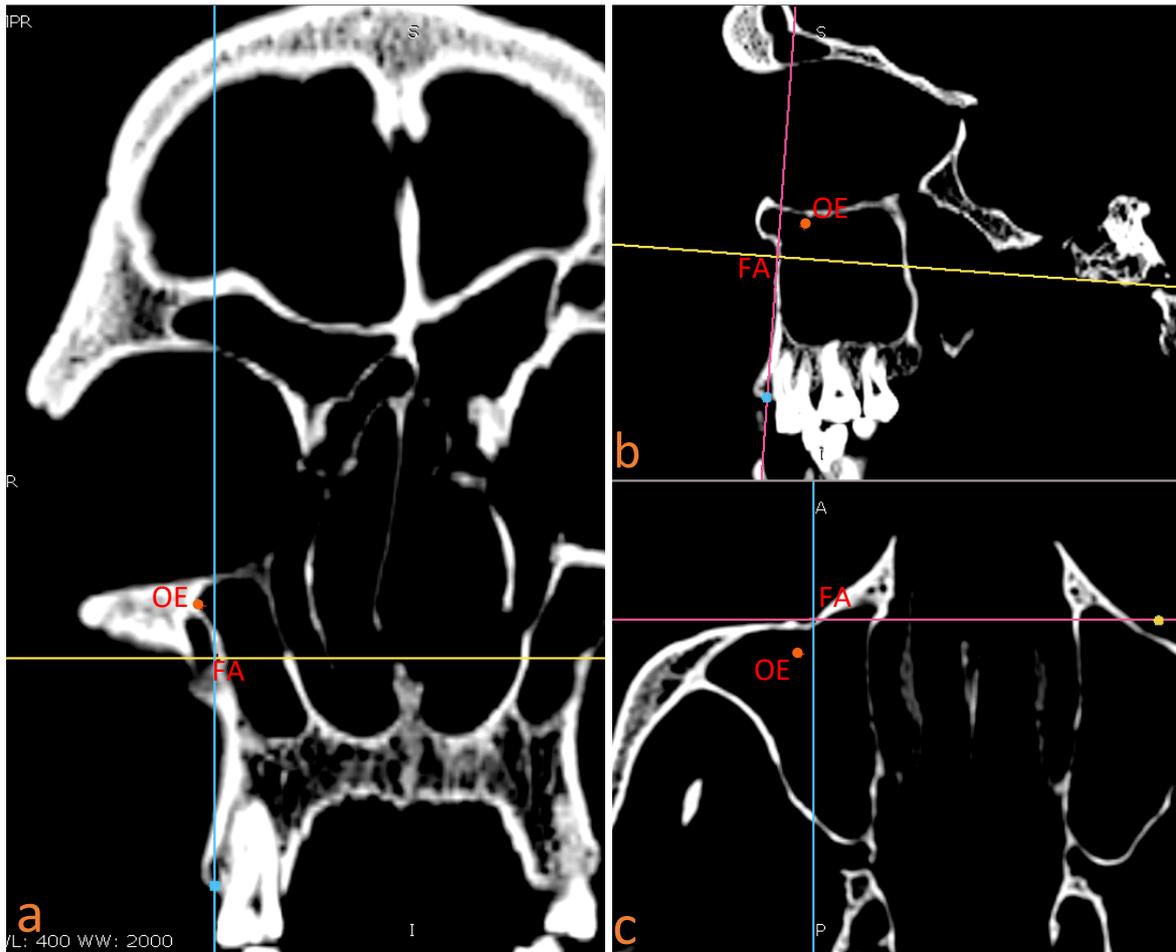


Abb. 8 CT- Datensatz eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis mit Darstellung des Messpunktes FA (Fadenkreuz) in der Frontalebene **a**, der Sagittalebene **b**, und der Transversalebene **c**. Zusätzlich wurde die Position des Messpunktes OE des orbitalen Kanaleinganges in den drei Ebenen durch einen roten Punkt markiert.

Um die Ausrichtung des Canalis infraorbitalis im Raum zu veranschaulichen, wurden anschließend im Frontalschnitt folgende Maße erhoben:

Breitenmaße

- CBR1: Horizontaler Abstand zwischen orbitalem Kanaleingang rechts und Mediansagittalebene
- CBR2: Horizontaler Abstand zwischen fazialem Kanalausgang rechts und Mediansagittalebene
- CBL1: Horizontaler Abstand zwischen orbitalem Kanaleingang links und Mediansagittalebene

CBL2: Horizontaler Abstand zwischen facialem Kanalausgang links und Mediansagittalebene

Höhenmaße

CHR1: Vertikaler Abstand zwischen facialem Kanalausgang rechts und Margo infraorbitalis

CHL1: Vertikaler Abstand facialem Kanalausgang links und Margo infraorbitalis

Dabei verläuft die Messlinie der horizontalen Breitenmaße stets im rechten Winkel zur Medianebene (Abb. 9 und 10). Für den Abstand vom Kanalausgang zum Orbitaunterrand (CLR1, CLL1) wurde eine Senkrechte parallel zur Mediansagittalebene bis an den Unterrand der Orbita gezogen (Abb. 11).

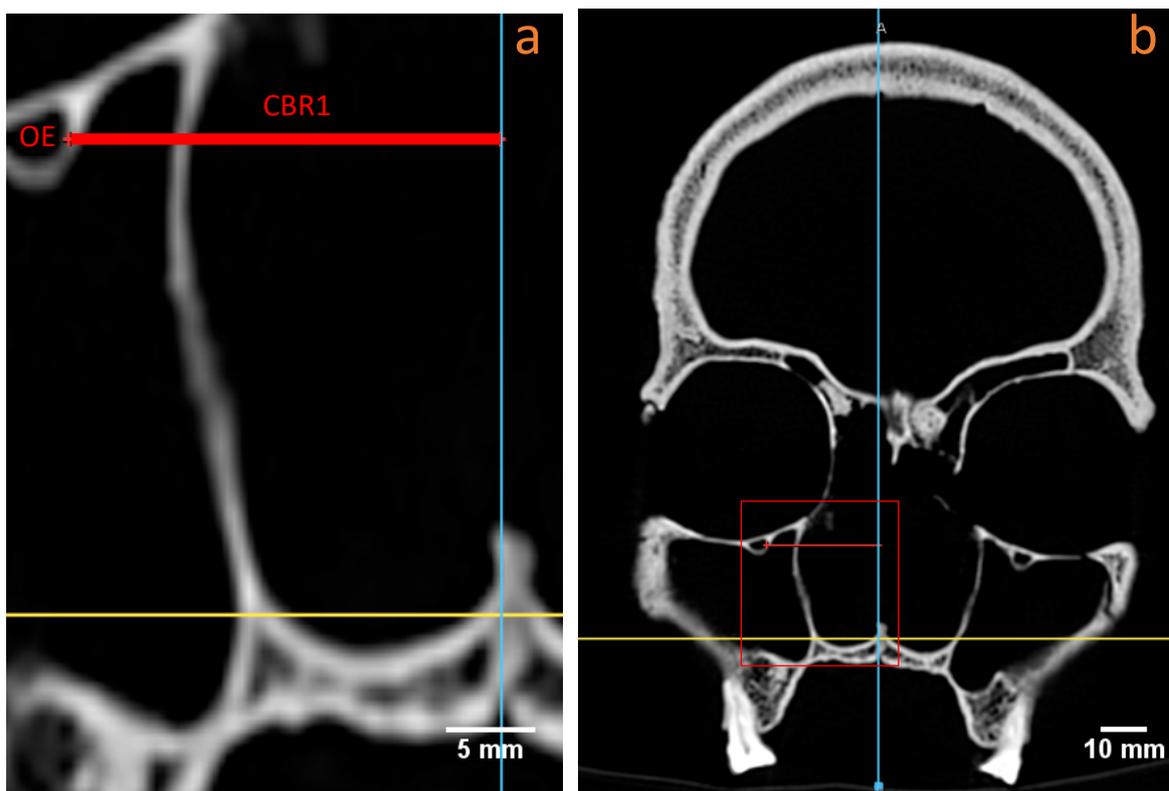


Abb.9 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des orbitalen Eingangs (OE) des rechten Canalis infraorbitalis zur Darstellung des Abstandes zwischen OE und Mediansagittalebene (CBR1). **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts.

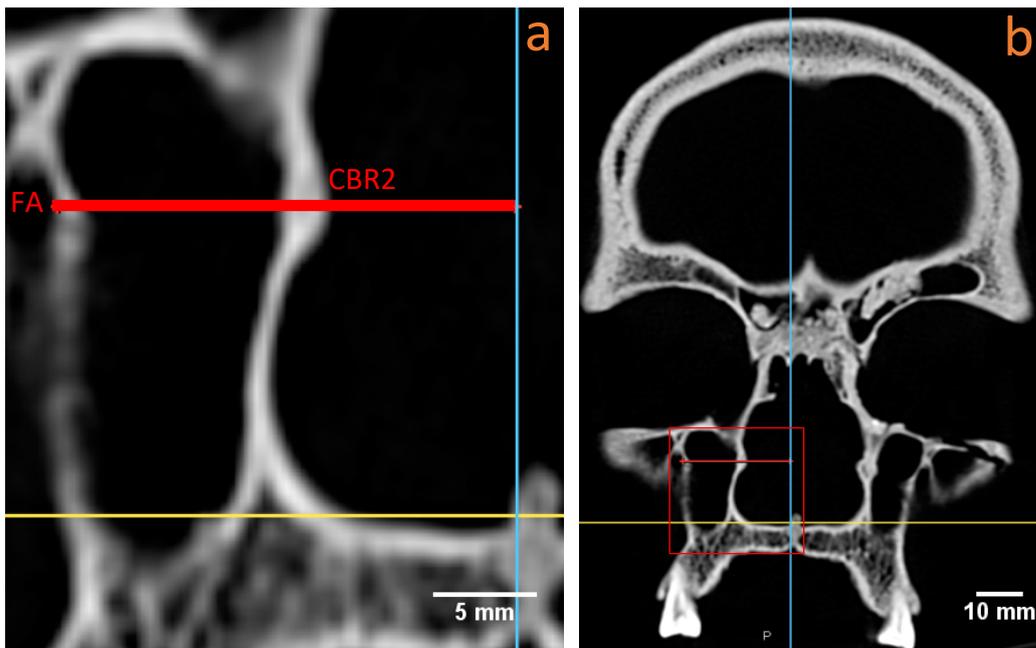


Abb. 10 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis zur Darstellung des Abstands zwischen FA und Mediansagittalebene (CBR2). **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts.

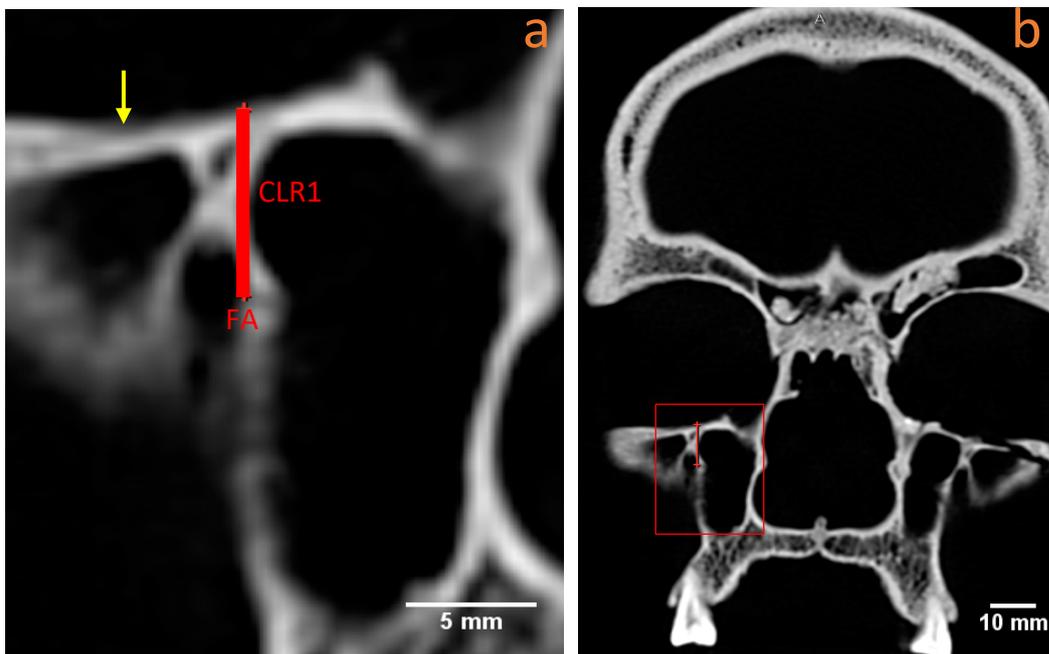


Abb. 11 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme des adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis der Abbildung 8 auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis zur Darstellung des Abstands zwischen FA und dem Unterrand der Orbita (CLR1). Der gelbe Pfeil weist auf den Margo infraorbitalis. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts.

Bestimmung der Längenmaße des Canalis infraorbitalis

Die Ermittlung der Länge des Kanals erfolgte ebenfalls mittels des Radiant DICOM Viewers in der Funktion 3D MPR. Hierfür wurden der orbitale Eingang und der faziale Ausgang des Canalis infraorbitalis in allen drei Ebenen miteinander verbunden (Abb.12, 13, 14).

Da die Messpunkte OE und FA nicht in einer Ebene liegen, wurde die Position des Messpunktes OE immer in die entsprechende Ebene übertragen, in der sich der Messpunkt FA befand. Deshalb handelt es sich bei den unten aufgeführten Längenmaßen nicht um direkte Maße, sondern um projektivische Maße (Scheffler und Schüler, 2013).

Längenmaße des Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene

LCSR: linearer Abstand zwischen orbitalem Eingang und facialem Ausgang – rechts

LCSL: linearer Abstand zwischen orbitalem Eingang und facialem Ausgang – links

Längenmaße des Canalis infraorbitalis in der Frontalebene

LCFR: linearer Abstand zwischen orbitalem Eingang und facialem Ausgang – rechts

LCFL: linearer Abstand zwischen orbitalem Eingang und facialem Ausgang – links

Längenmaße des Canalis infraorbitalis in der Transversalebene

LCTR: linearer Abstand zwischen orbitalem Eingang und facialem Ausgang – rechts

LCTL: linearer Abstand zwischen orbitalem Eingang und facialem Ausgang – links

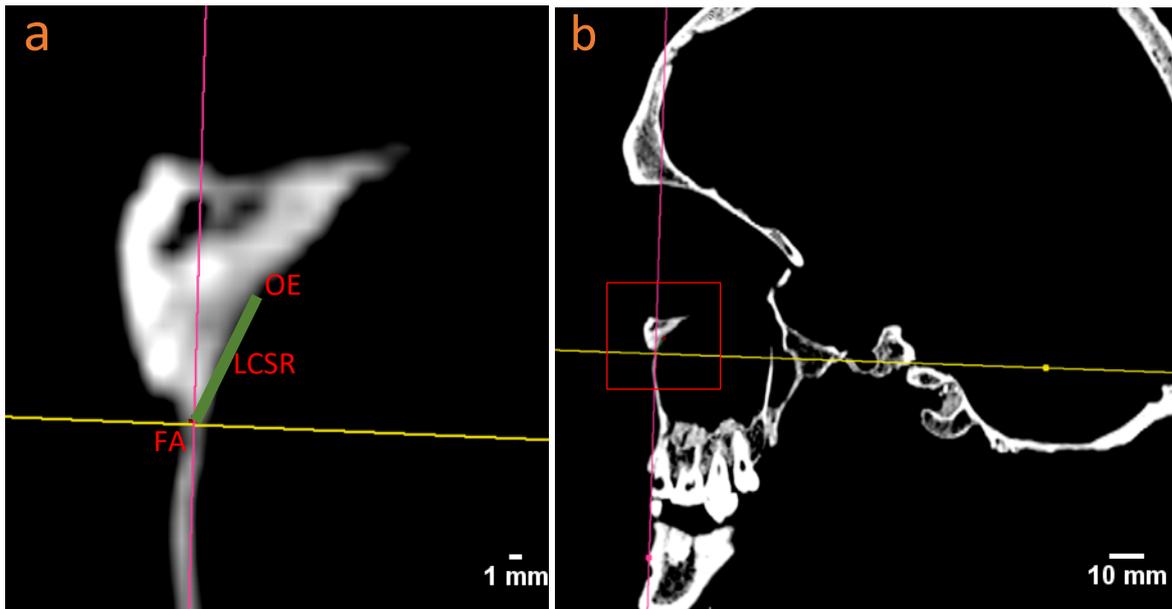


Abb. 12 **a** Ausschnittsvergrößerung der sagittalen CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis zur Darstellung des projektivischen Längenmaßes LCSR. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts.

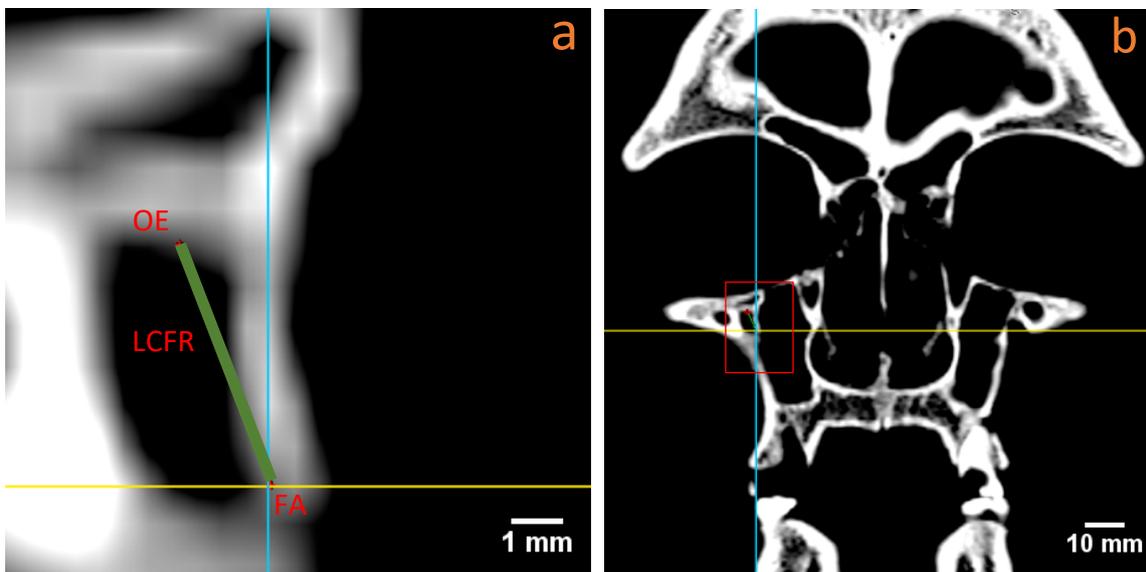


Abb. 13 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis zur Darstellung des projektivischen Längenmaßes LCFR. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts.

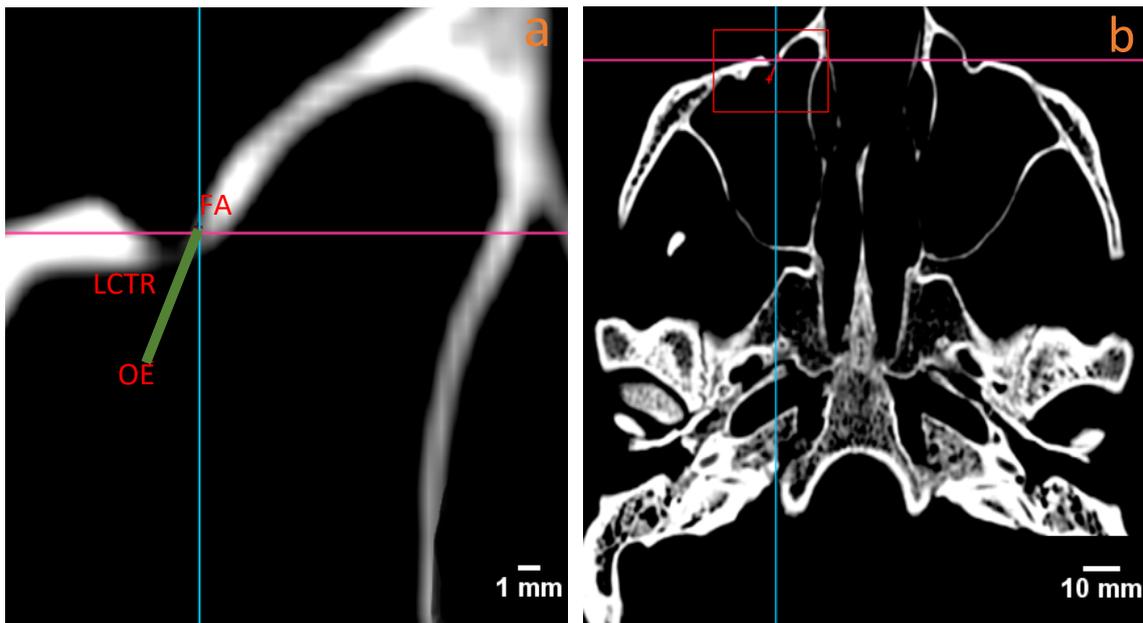


Abb. 14 **a** Ausschnittsvergrößerung der transversalen CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis zur Darstellung des projektivischen Längenmaßes LCTR. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts.

Winkelbestimmung des Canalis infraorbitalis

Um die Ausrichtung des Canalis infraorbitalis darzustellen, wurde eine Winkelmessung durchgeführt (Abb.15, 16, 17). Da der Canalis infraorbitalis schräg durch die Maxilla verläuft, wurden die Winkel zwischen den bereits oben erläuterten projektivischen Längen des Kanals und der jeweiligen Messebene vermessen. Demzufolge handelt es sich bei den nachfolgend aufgeführten Winkeln um projektivische Winkel (Scheffler und Schürer, 2013). Die Bestimmung der Winkel erfolgte mittels ImageJ Vers. 152 a (Wayne Rasband, NIH, 2018).

Folgende Winkel wurden erhoben

Sagittalansicht (Abb.15)

- WSTR Winkel zwischen LCSR und Transversalebene (gelbe Linie) – rechts
- WSTL Winkel zwischen LCSL und Transversalebene (gelbe Linie) – links
- WSFR Winkel zwischen LCSR und Frontalebene (rosa Linie) – rechts
- WSFL Winkel zwischen LCSL und Frontalebene (rosa Linie) – links

Frontalansicht (Abb.16)

- WFTR Winkel zwischen LCFR und Transversalebene (gelbe Linie) – rechts
 WFTL Winkel zwischen LCFL und Transversalebene (gelbe Linie) – links
 WFSR Winkel zwischen LCFR und Sagittalebene (blaue Linie) – rechts
 WFSL Winkel zwischen LCFL und Sagittalebene (blaue Linie) – links

Transversalansicht (Abb.17)

- WTFR Winkel zwischen LCTR und Frontalebene (rosa Linie) – rechts
 WFTL Winkel zwischen LCTL und Frontalebene (rosa Linie) – links
 WTSR Winkel zwischen LCTR und Sagittalebene (blaue Linie) – rechts
 WTSL Winkel zwischen LCTL und Sagittalebene (blaue Linie) – links

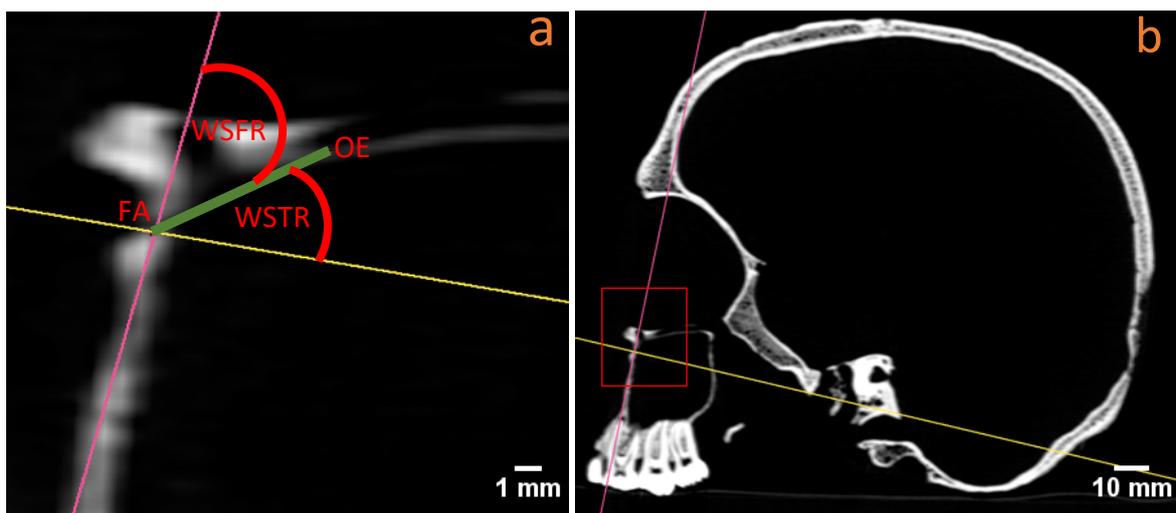


Abb. 15 **a** Ausschnittsvergrößerung der sagittalen CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis. Ermittlung der Winkel zur Transversalebene WSTR (gelbe Linie) und zur Frontalebene WSFR (rosa Linie). **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts. Die grüne Linie in **a** stellt die projektivische Länge des Canalis infraorbitalis LCSR dar.

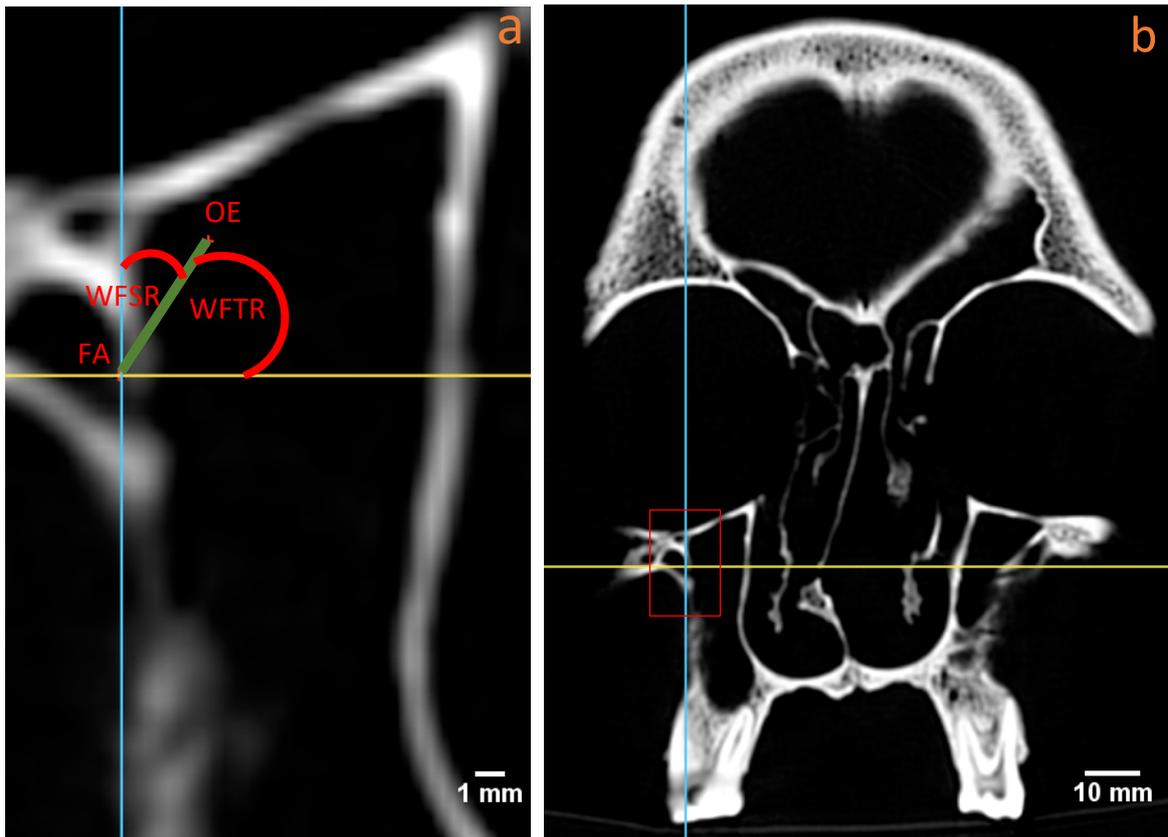


Abb. 16 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des faziellen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis. Ermittlung der Winkel zur Transversalebene WFTR (gelbe Linie) und zur Sagittalebene WFSL (blaue Linie). **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts. Die grüne Linie in **a** stellt die projektivische Länge des Canalis infraorbitalis LCFR dar.

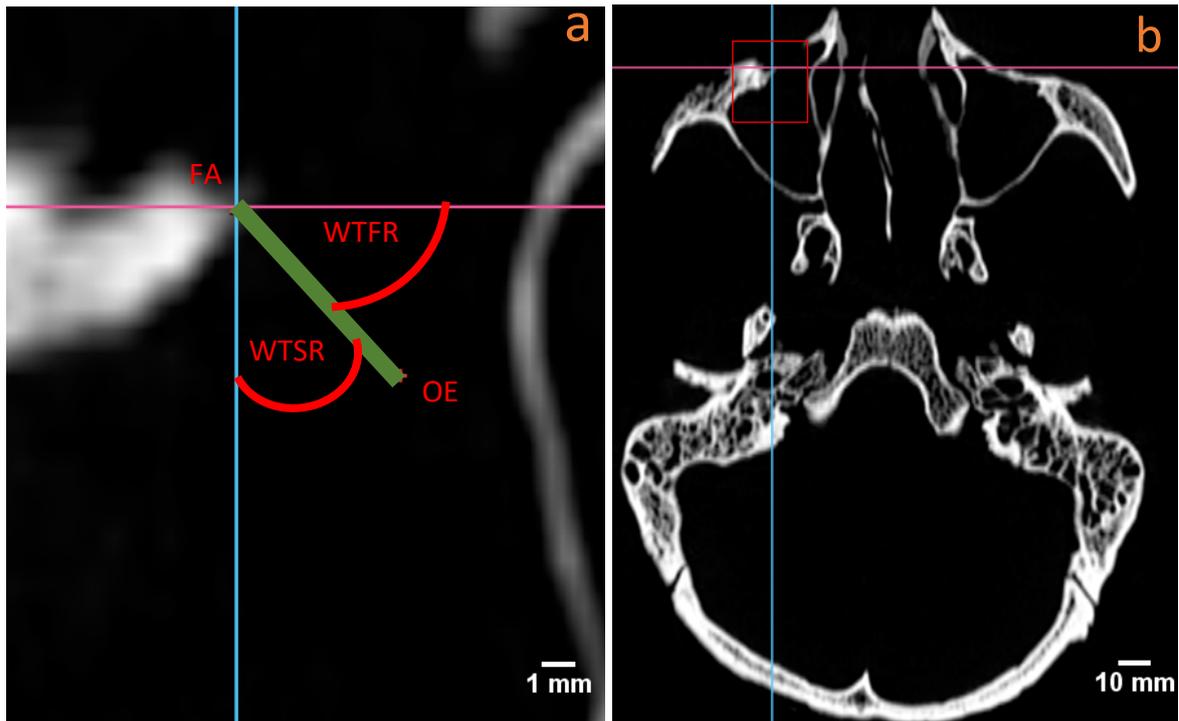


Abb. 17 **a** Ausschnittsvergrößerung der transversalen CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis. Ermittlung der Winkel zur Frontalebene WTFR (rosa Linie) und zur Sagittalebene WTSR (blaue Linie). **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts. Die grüne Linie in **a** stellt die projektivische Länge des Canalis inraorbitalis LCTR dar.

Dabei konnte festgestellt werden, dass in der Frontalansicht (Abb.16) bezogen auf die Transversalebene (WFT) grundsätzlich zwei Typen des Kanalverlaufs existieren (Abb.18 und 19):

Typ 1 Der Canalis infraorbitalis verläuft in der Frontalansicht von kranio-lateral nach kaudomedial. Der Winkel zur Transversalebene ist größer als 90 Grad.

Typ 2 Der Canalis infraorbitalis verläuft in der Frontalansicht von kranio-medial nach kaudolateral. Der Winkel zur Transversalebene ist kleiner als 90 Grad.

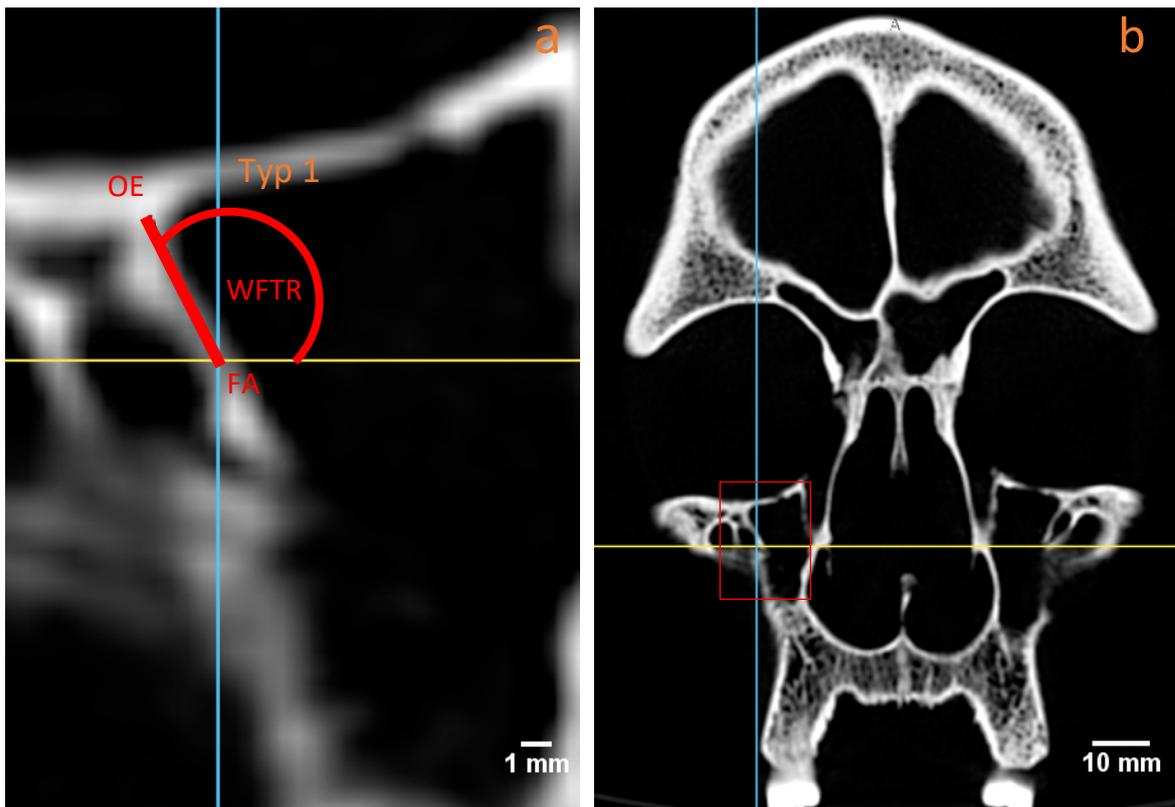


Abb. 18 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis. Darstellung von Verlaufstypus 1 in **a**. Der Winkel zur Transversalebene (WFTR) ist größer als 90 Grad. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts. Die rote Linie in **a** stellt die projektivische Länge des Canalis infraorbitalis LCFR dar.

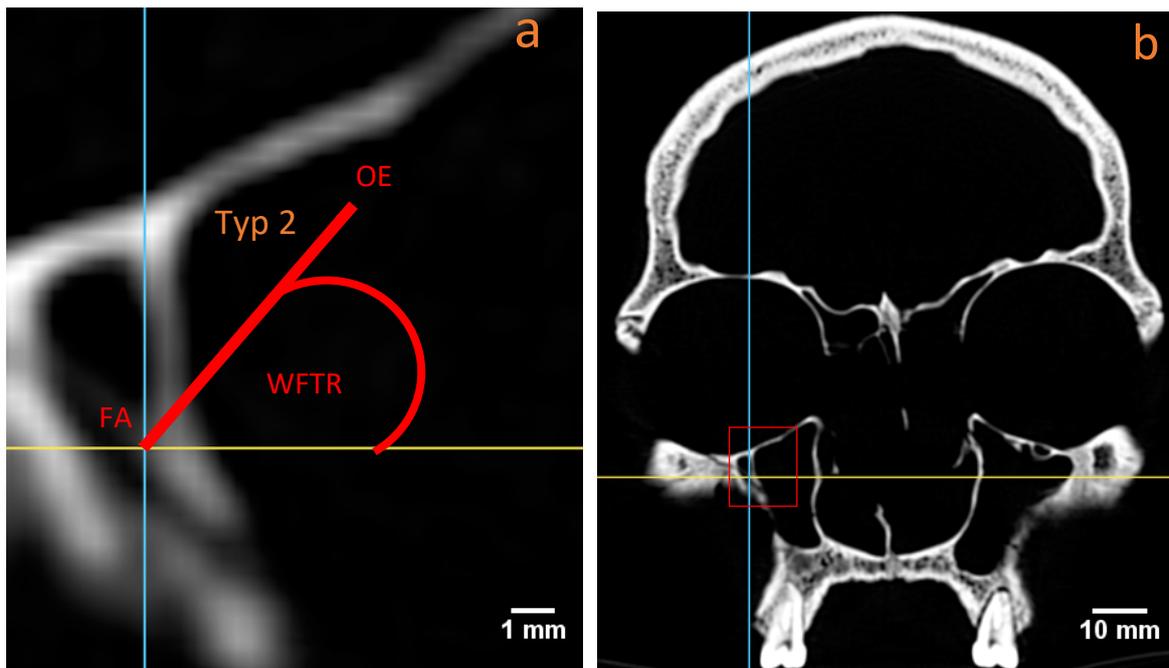


Abb. 19 **a** Ausschnittsvergrößerung der koronaren CT Schichtaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis auf Höhe des fazialen Ausgangs (FA) des rechten Canalis infraorbitalis. Darstellung von Verlaufstypus 2 in **a**. Der Winkel zur Transversalebene (WFT) ist kleiner als 90 Grad. **b** zeigt die Lokalisation des vergrößerten Ausschnitts. Die rote Linie in **a** stellt die projektivische Länge des Canalis infraorbitalis LCFR dar.

3.2.3. Externe Schädelmaße

Um zu überprüfen, wie sich Maße des Canalis infraorbitalis in Bezug zur Größe des Schädels verhalten, wurde eine Vermessung aller Schädel mittels des Radiant DICOM Viewer durchgeführt. Einige dieser Maße für die Population aus Jena und Teile der litauischen Populationen wurden von Bärenklau (2016) übernommen.

Im Einzelnen wurden folgende Schädelmaße erhoben:

SBL	Schädelbasislänge (Nasion – Basion)
GSL	Gsichtsschädellänge (Basion – Prosthion)
OSH	Obergesichtshöhe (Nasion – Prosthion)
MGB	Mittelgesichtsbreite (Zygomaxillare – Zygomaxillare)
MAB	Maxilloalveolarbreite (Ekmolare – Ekmolare)
JBB	Jochbogenbreite (Zygion – Zygion)
IOB	Interorbitalbreite (vorderer Rand der Fossa sacci lacrimalis – beidseits)

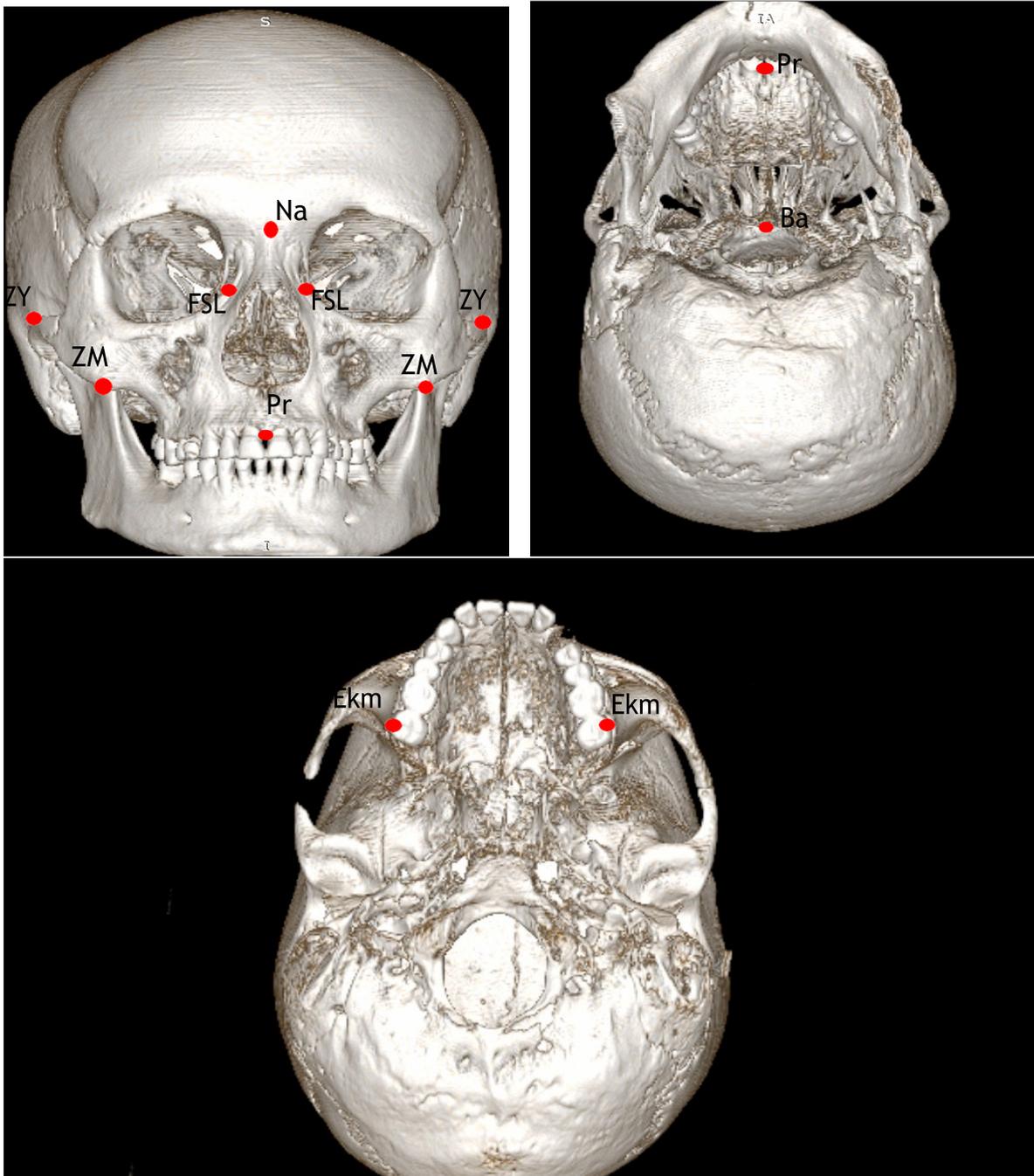


Abb. 20 Dreidimensionale Rekonstruktion eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis Na (Nasion); Pr (Prosthion); Ba (Basion); FSL (vorderer Rand der Fossa Sacci lacrimalis); ZM (Zygomaxillare); ZY (Zygion); Ekm (Ekmolare)

Orbita und Sinus maxillaris

Da der Canalis infraorbitalis in der Grenzregion zwischen Orbita und Sinus maxillaris verläuft, ist eine nähere Betrachtung dieser beiden Strukturen naheliegend. Deshalb wurde das Volumen beider Strukturen mittels Horos Vers. 3.3.5. bestimmt. Hierfür wurden die koronaren CT Schnittserien verwendet und die knöchernen Begrenzungen beider Strukturen mittels der Pencil-Funktion umrandet (Abb.21). Die gezeichneten Linien verband das Programm miteinander und konnte so das Volumen beider Strukturen errechnen. Die Volumina des Sinus maxillaris der Schädel aus Jena und einigen der litauischen Schädel wurden von Bärenklau (2016) übernommen.

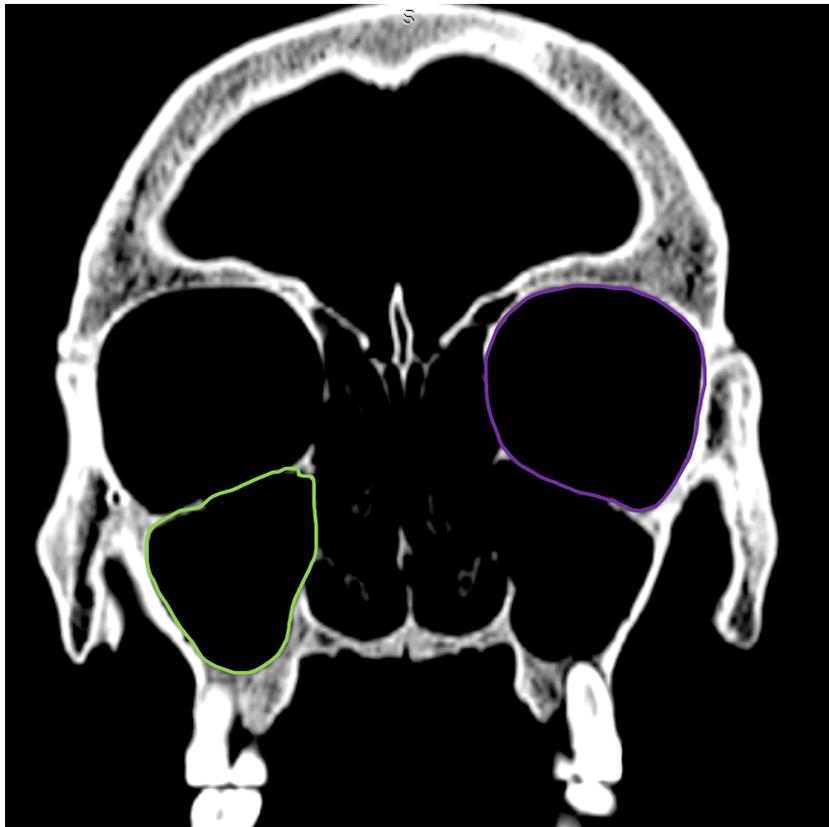


Abb. 21 Koronare CT Schnittaufnahme eines adulten, männlichen Schädels der Population Plinkaigalis in Höhe des zweiten oberen Molaren mit Darstellung der Umrandung der linken Orbita (lila) und des rechten Sinus maxillaris (grün) als Voraussetzung für die 3D Rekonstruktion dieser Strukturen

3.3. Statistische Auswertung

Zu Beginn der statistischen Auswertung wurden von allen erhobenen Maßen Standardabweichungen und Mittelwerte erhoben. Ausgewählte Ergebnisse wurden anschließend in Boxplots grafisch dargestellt.

Des Weiteren wurden die ermittelten Messwerte auf Normalverteilung mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests und des Shapiro-Wilk-Tests untersucht. Für einige der externen Schädelmaße ließ sich dabei eine Normalverteilung feststellen. Für die meisten anderen Größen des Canalis infraorbitalis war dies jedoch nicht der Fall. Im Folgenden wurden daher Nichtparametrische Tests durchgeführt.

Um Unterschiede zwischen den Populationen hinsichtlich der erhobenen Messwerte festzustellen, wurde der H-Test (Kruskal-Wallis-Test) verwendet und anschließend ein paarweiser Vergleich mittels des U-Tests (Mann-Whitney -Test) durchgeführt.

Um mögliche Korrelationen zwischen den erhobenen Maßen feststellen zu können, wurde eine bivariate Rangkorrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Aufgrund der geringen Schädelanzahl wurden dafür alle Populationen zusammengefasst. Um miteinander korrelierende Merkmalspaare genauer zu analysieren, wurde anschließend noch eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Dafür wurde eine Geradengleichung nach folgendem Schema entwickelt:

$$g = mx + n$$

Da der Canalis infraorbitalis zwischen Orbita und Sinus maxillaris verläuft, wurde eine unmittelbare Beeinflussung seiner Lage durch diese Strukturen angenommen. Um beide Strukturen miteinander zu verknüpfen und eine statistische Korrelation zu Parametern des Canalis infraorbitalis herstellen zu können, wurde ein Index unter Berücksichtigung beider Maße errechnet. Dabei wurde die Analyse auf die Maße der rechten Seite beschränkt.

$$IR = \frac{\text{Volumen Sinus maxillaris}}{\text{Volumen Orbita}} \times 100$$

Da die Volumina der Orbita und des Sinus maxillaris sich zu einem gewissen Grad durch die Größe des Gesichtsschädels erklären lassen (Bärenklau, 2016), wurden die Volumina von Orbita und Sinus maxillaris in Bezug zum Gesamtschädelvolumen gesetzt.

Das Gesichtsschädelvolumen wurde in Anlehnung an Bärenklau (2016) aus der Größe der externen Schädelmaße Schädelbasislänge (SBL), Gesichtsschädellänge (GSL), Obergesichtshöhe (OSH) und der Mittelgesichtsbreite (MGB) unter Verwendung der Heronischen Formel (Bartsch, 1984) bestimmt.

$$GSV = \left(\sqrt{s \times (s - GSL) \times (s - SBL) \times (s - OSH)} \right) \times MGB$$

$$\text{Dabei gilt } s = \frac{(GSL + SBL + OSH)}{2}$$

Basierend auf dem Gesichtsschädelvolumen (GSV), wurden Indizes für Orbita und Sinus maxillaris erhoben. Für beide Indizes wurden die Volumina von Orbita und Sinus maxillaris der rechten Seite verwendet.

$$I_O = \frac{\text{Volumen Orbita}}{GSV} \times 100 \quad \text{sowie} \quad I_{SM} = \frac{\text{Volumen Sinus maxillaris}}{GSV} \times 100$$

Die Messwerte wurden mittels Excel 2019 der Version 16.23 in Tabellenform zusammengefasst. Die statistischen Testverfahren wurden mit dem Programm SPSS Statistics Version 26.00 durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1. Lage des orbitalen Eingangs und des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis

In Tabelle 4 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Abstände der Öffnungen des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten und Ebenen dargestellt. Im Folgenden werden die Populationen mit Ziffern beschrieben (Population 1 – Litauen; Population 2 – Jena; Population 3 – Kyoto).

Bei den Mittelwerten der horizontalen Abstände zwischen dem orbitalen Eingang (OE) und dem fazialen Ausgang (FA) des Canalis infraorbitalis und der Mediansagittalebene (CBR1, CBR2, CBL1) gibt es zwischen den Populationen keine signifikanten Unterschiede. Beim Abstand zwischen dem linken Kanalausgang und der Mediansagittalebene (CBL2) ist ein signifikanter Unterschied zu erkennen. Hier liegt der faziale Ausgang bei Population 1 am weitesten von der Medianebene entfernt. Population 2 hat im Vergleich zu den anderen Populationen die geringsten Werte bezogen auf CBL2.

In Bezug auf die Mittelwerte der vertikalen Abstände zwischen dem Kanalausgang und dem Margo orbitalis inferior (CHR1, CHL1) sind signifikante Unterschiede zwischen den Populationen feststellbar. Dabei liegt der faziale Kanalausgang bei Population 3 näher am Margo orbitalis inferior als bei den anderen Populationen. Für die rechte Seite wurde die Verteilung aller Werte für die Populationen 1, 2 und 3 grafisch in Form von Boxplots dargestellt (Abb. 22-23).

Tab.4 Mittelwerte und Standardabweichungen der Abstände zwischen den Öffnungen des Canalis infraorbitalis, der Mediansagittalebene und dem Margo orbitalis inferior der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto. Angaben in cm

	Litauen			Jena			Kyoto		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
CBR1	44	2,59	0,26	9	2,72	0,30	8	2,65	0,32
CBR2	44	2,54	0,27	9	2,53	0,21	8	2,52	0,33
CBL1	48	2,77	0,29	7	2,59	0,17	8	2,65	0,16
CBL2	48	2,67	0,25	7	2,44	0,21	8	2,57	0,22
CHR1	44	0,78	2,12	9	0,77	2,06	8	0,65	1,77
CHL1	48	0,82	2,14	7	0,85	2,23	8	0,69	1,57

n Anzahl; \bar{x} Mittelwert; SD Standardabweichung; CBR1 Horizontaler Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang rechts und der Mediansagittalebene, CBR2 Horizontaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und der Mediansagittalebene, CBL1 Horizontaler Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang links und der Mediansagittalebene, CBL2 Horizontaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und der Mediansagittalebene, CHR1 Vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior, CHL1 Vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und dem Margo orbitalis inferior

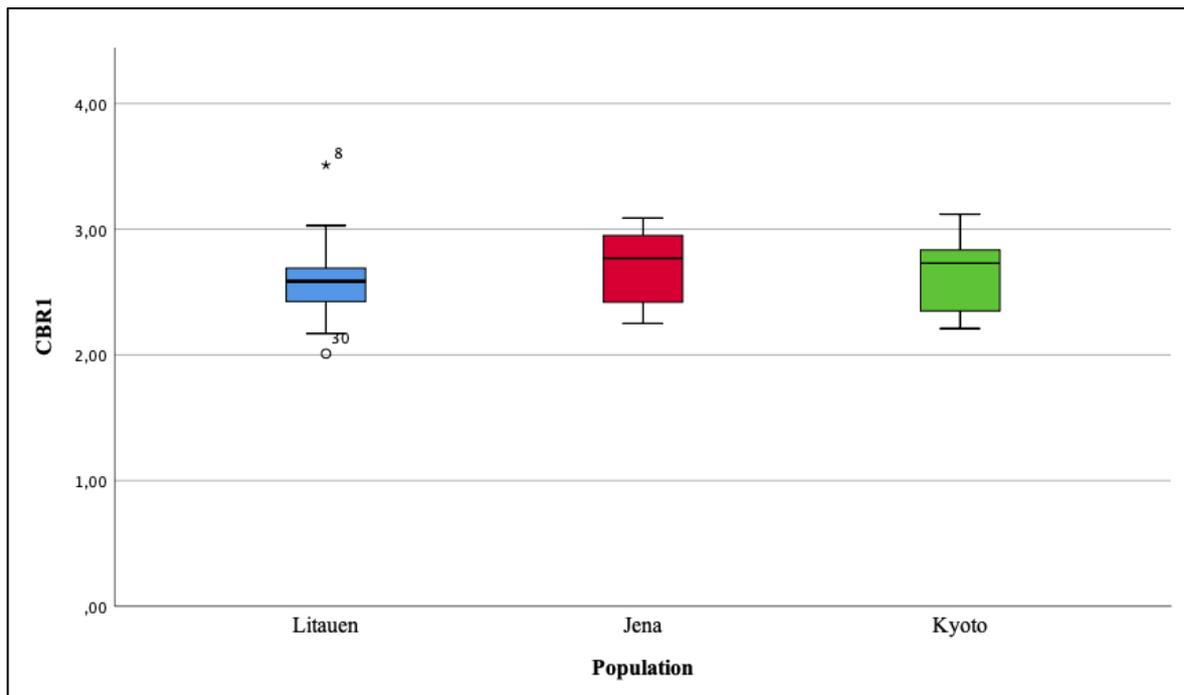
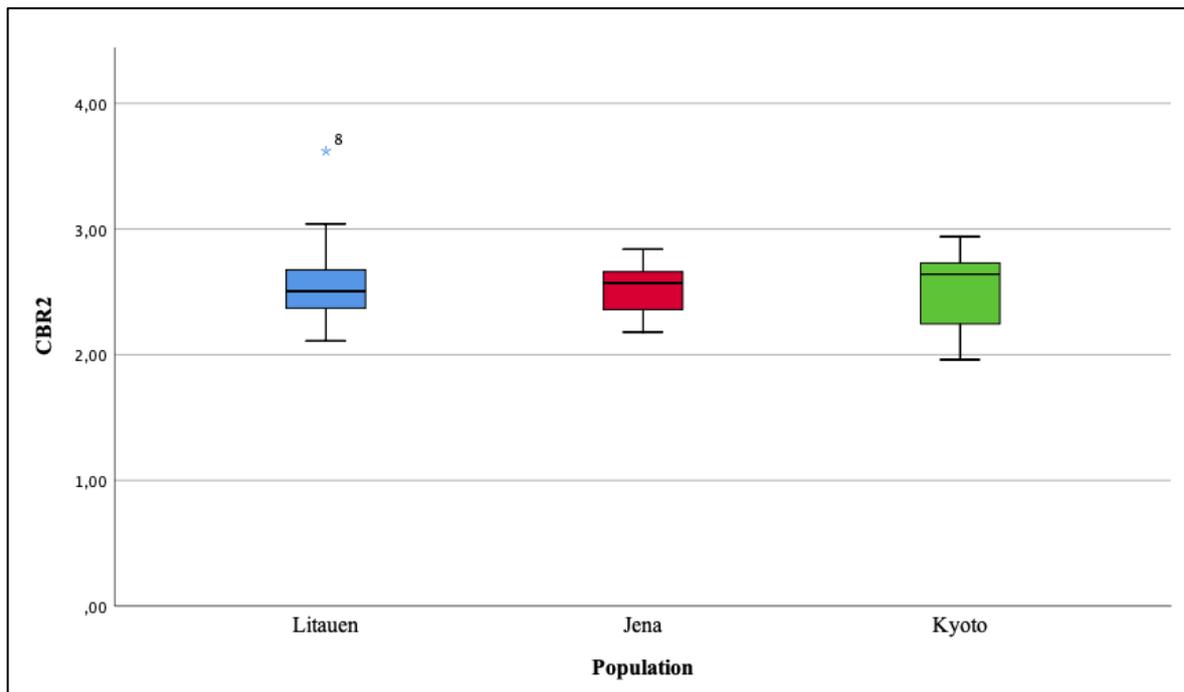
Canalis infraorbitalis: Abstand orbitaler Eingang - Mediansagittalebene**Canalis infraorbitalis: Abstand fazialer Ausgang - Mediansagittalebene**

Abb. 22 Boxplots zur Darstellung des Horizontalen Abstands zwischen dem rechten orbitalen Kanaleingang und der Mediansagittalebene CBR1 (oben) und des Horizontalen Abstands zwischen dem rechten fazialen Kanalausgang und der Mediansagittalebene CBR2 (unten) für die Populationen aus Litauen (blau), Jena (rot) und Kyoto (grün).

Canalis infraorbitalis: Abstand fazialer Ausgang – Margo orbitalis inferior

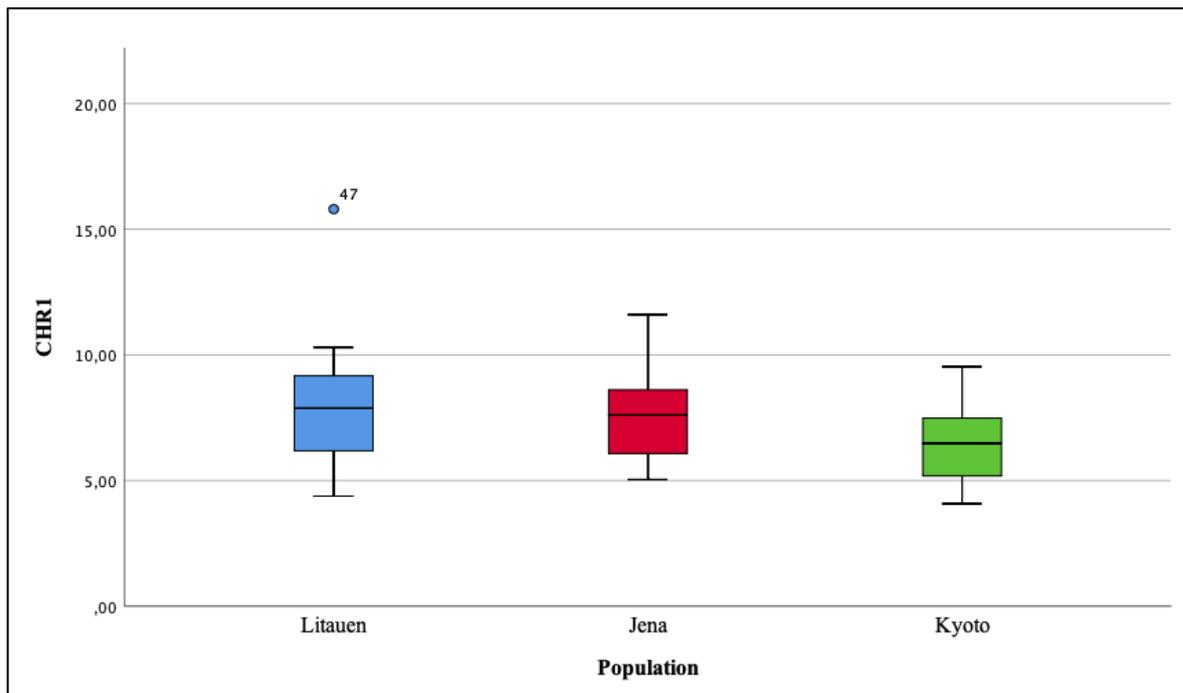


Abb. 23 Boxplot zur Darstellung des vertikalen Abstands zwischen dem rechten fazialen Kanalausgang und dem Margo orbitalis inferior für die Populationen aus Litauen (blau), Jena (rot) und Kyoto (grün).

Populationsunterschiede bezüglich der Positionen der Öffnungen des Canalis infraorbitalis zu definierten Punkten und Ebenen

In Bezug auf die erhobenen Abstände zwischen den Öffnungen des Canalis infraorbitalis und der Mediansagittalebene und dem Margo orbitalis inferior lassen sich mittels des Kruskal – Wallis – Tests keine signifikanten Unterschiede zwischen den Populationen feststellen, mit Ausnahme des horizontalen Abstands zwischen dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis und der Mediansagittalebene (CBL2). Hier konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Populationen festgestellt werden.

Für CBL2 wurde anschließend ein paarweiser Vergleich durchgeführt (Tab. 6). Dieser ergab, dass zwischen Population 1 und 2 ein statistisch signifikanter Unterschied besteht. Zwischen Population 1 und 3 sowie zwischen Population 2 und 3 konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Tab. 5 Mittlere Ränge und Ergebnisse des Kruskal – Wallis – Test für die Abstände der Öffnungen des Canalis infraorbitalis zur Mediansagittalebene und dem Margo orbitalis inferior der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto

	Litauen		Jena		Kyoto		H – Test	
	n	mR	n	mR	n	mR	KWH	p
CBR1	44	28,91	9	38,22	8	34,38	2,39	0,303
CBR2	44	30,65	9	31,50	8	32,38	0,07	0,964
CBL1	48	34,36	7	20,71	8	27,69	3,90	0,142
CBL2	48	34,88	7	16,43	8	28,38	6,55	0,038*
CHR1	44	32,51	9	32,39	8	21,13	2,85	0,241
CHL1	48	33,24	7	36,07	8	21,00	3,45	0,178

n Anzahl; mR mittlerer Rang; KWH Kruskal – Wallis – H; CBR1 Horizontaler Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang der rechten Seite und der Mediansagittalebene, CBR2 Horizontaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang der rechten Seite und der Mediansagittalebene, CBL1 Horizontaler Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang der linken Seite und der Mediansagittalebene, CBL2 Horizontaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang der linken Seite und der Mediansagittalebene, CHR1 Vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang der rechten Seite und dem Margo orbitalis inferior, CHL1 Vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang der linken Seite und Margo orbitalis inferior; *p<0,05

Tab. 6 Ergebnisse des paarweisen Vergleiches mit dem Mann – Whitney – U – Test zwischen den Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto in Bezug auf den Abstand des fazialen Ausgangs und der Mediansagittalebene der linken Seite

		Jena	Kyoto
CBL2	Litauen	0,039*	0,958
	Kyoto	0,623	

CBL2 Horizontaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang der linken Seite und der Mediansagittalebene; *p<0,05

4.2. Projektivische Längenmaße des Canalis infraorbitalis

Durch Verbinden von OE mit FA des Canalis infraorbitalis konnten in allen drei Raumebenen projektivische Längen des Canalis infraorbitalis ermittelt werden. In Tabelle 7 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der ermittelten Werte für die projektivischen Längen aufgeführt.

Es zeigte sich, dass bei allen drei Populationen für die projektivischen Längen in der Sagittalebene (LCSR, LCSL) größere Werte ermittelt wurden, als für die projektivischen Längen in der Frontalebene (LCFR, LCFL) und in der Transversalebene (LCTR, LCTL). Außerdem zeigte sich, dass bei Population 3 der Abstand zwischen OE und FA auf der rechten und linken Seite größer war, als bei den anderen beiden Populationen. Bei Population 1 wurde für alle Abstände (LCSR, LCSL, LCFR, LCFL, LCTR, LCTL) die geringste Länge gemessen. Population 2 liegt bezogen auf alle ermittelten projektivischen Längen zwischen den anderen beiden Populationen. Für die rechte Seite wurde die Verteilung aller Werte für die Populationen 1, 2 und 3 grafisch in Form von Boxplots dargestellt (Abb. 24 – 25).

Tab. 7 Mittelwerte und Standardabweichungen der projektivischen Längen des Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto. Angaben in mm

	Litauen			Jena			Kyoto		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
LCSR	44	6,95	3,32	9	9,07	2,65	8	9,81	3,74
LCSL	48	6,95	3,37	7	7,60	2,98	8	9,97	4,83
LCFR	44	5,20	2,13	9	6,38	1,54	8	6,67	2,21
LCFL	48	5,40	2,34	7	5,80	1,83	8	6,24	2,43
LCTR	44	4,69	2,60	9	7,20	2,65	8	7,34	3,66
LCTL	48	4,77	2,80	7	5,60	2,52	8	7,59	4,69

n Anzahl; \bar{x} Mittelwert; SD Standardabweichung; LCSR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCSL projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCFL projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCTL projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis in der Transversalebene

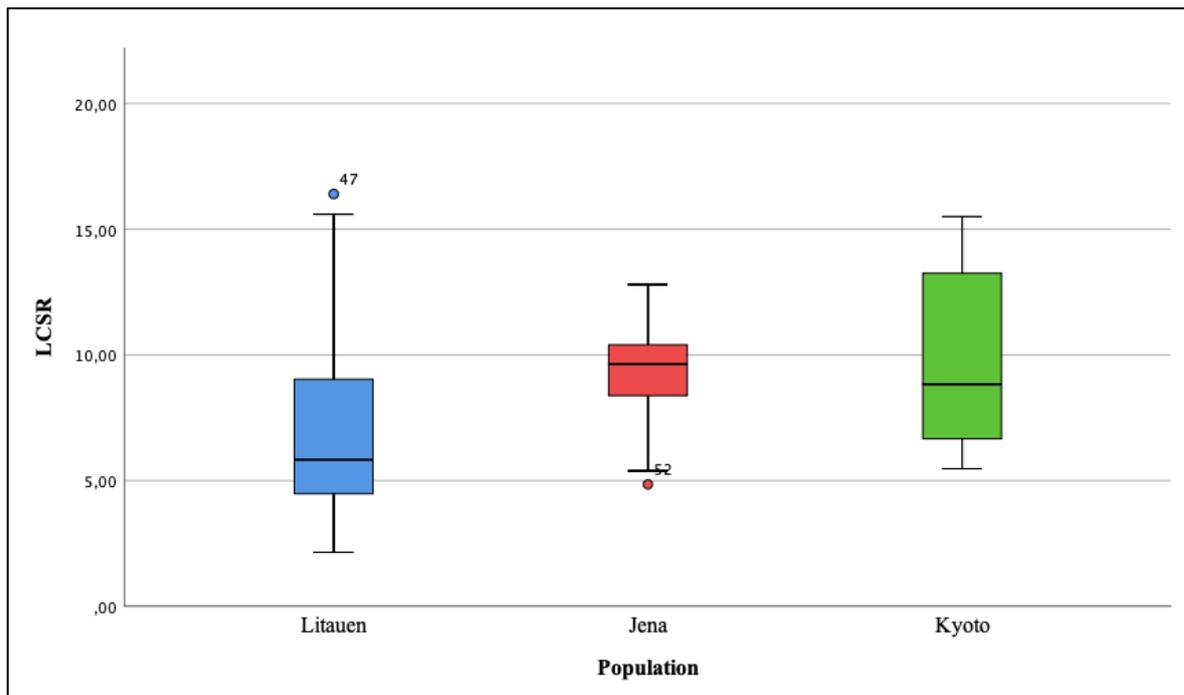
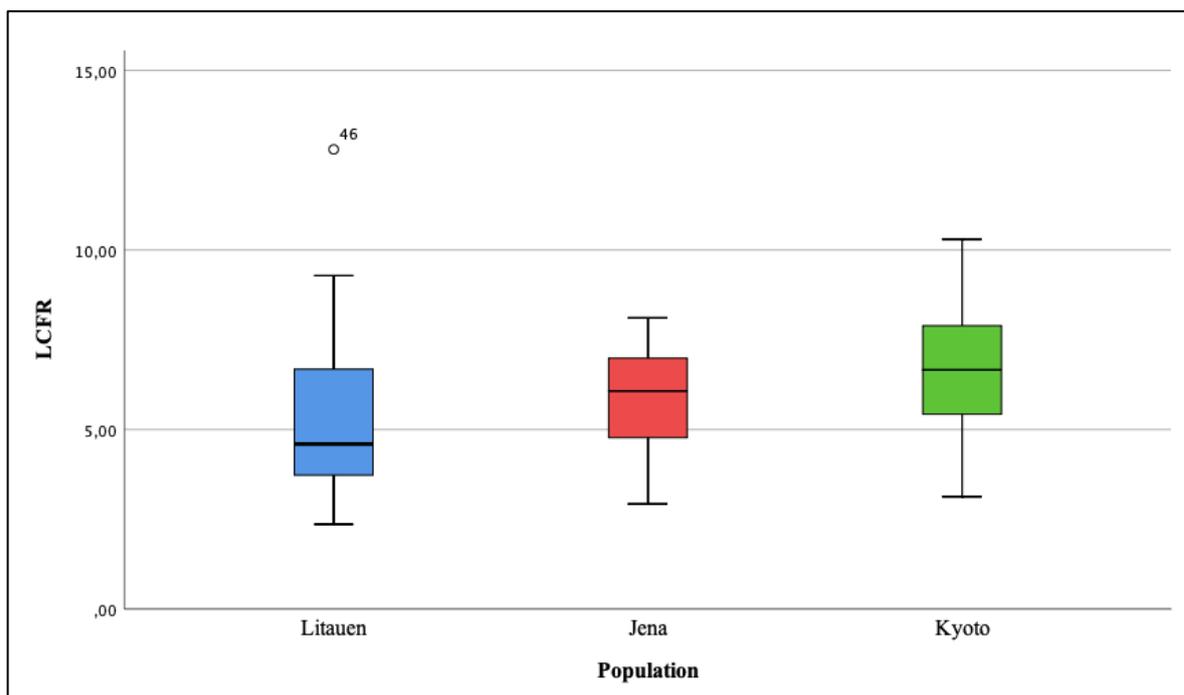
Projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene**Projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene**

Abb. 24 Boxplots zur Darstellung des projektivischen Abstands zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene LCSR (oben) und dem projektivischen Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene LCFR (unten) für die Populationen aus Litauen (blau), Jena (rot) und Kyoto (grün).

Projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene

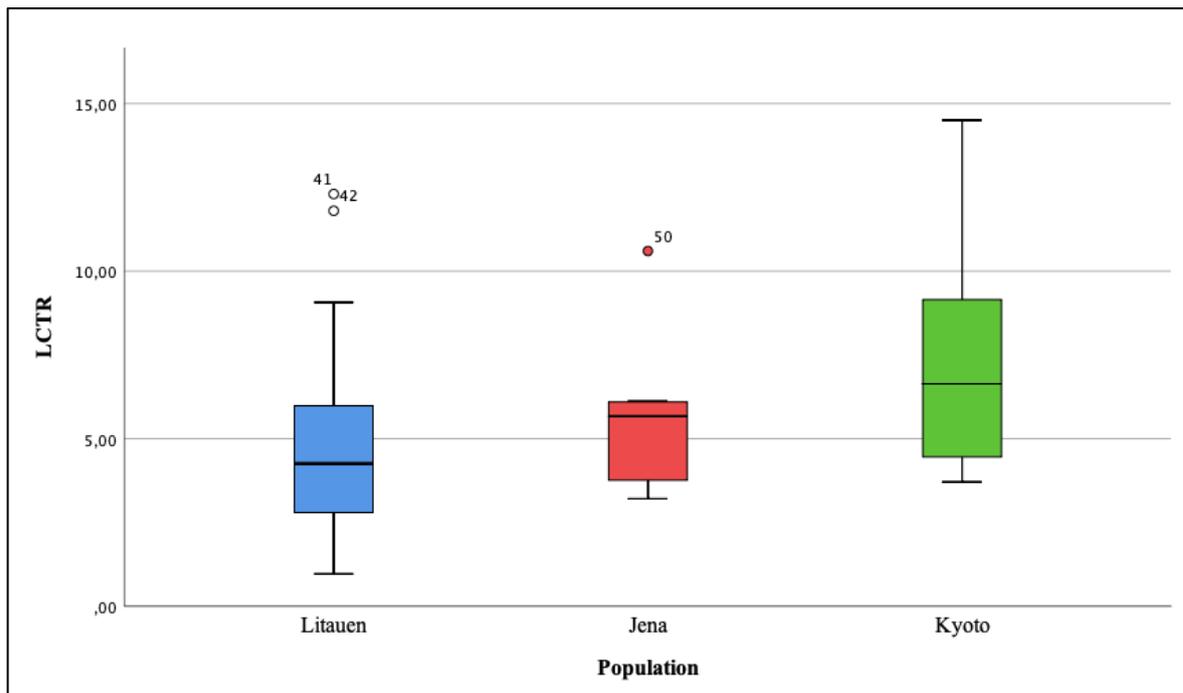


Abb. 25 Boxplot zur Darstellung des projektivischen Abstands zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene LCTR.

Populationsunterschiede bezüglich der projektivischen Längenmaße des Canalis infraorbitalis

Um zu überprüfen, ob sich die projektivischen Längenmaße zwischen den Populationen signifikant unterscheiden, wurde der Kruskal – Wallis – Test angewendet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt. Es konnte ausschließlich für die projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene (LCSR) ein signifikanter Unterschied zwischen den Populationen festgestellt werden. Für LCSR wurde im Anschluss ein paarweiser Vergleich durchgeführt, bei dem sich zeigte, dass zwischen den Populationen 1 und 2, sowie zwischen den Populationen 1 und 3 ein signifikanter Unterschied bestand (Tab. 9).

Tab. 8 Mittlere Ränge und Ergebnisse des Kruskal – Wallis – Test bezogen auf die projektivischen Längenmaße des Canalis infraorbitalis in der Sagittalansicht der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto

	Litauen		Jena		Kyoto		H – Test	
	n	mR	n	mR	n	mR	KWH	p
LCSR	44	27,10	9	40,61	8	41,63	7,25	0,022*
LCSL	48	29,89	7	34,71	8	42,31	3,32	0,19
LCFR	44	27,61	7	33,86	8	39,75	3,78	0,151
LCFL	48	30,66	7	35,14	8	37,31	1,14	0,567
LCTR	44	27,22	7	34,64	8	41,25	5,1	0,078
LCTL	48	29,51	7	36,21	8	43,25	4,27	0,118

n Anzahl; mR mittlerer Rang; LCSR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis, LCSL projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis; LCFR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCFL projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCTL projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des linken Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; *p < 0,05

Tab. 9 Ergebnisse des paarweisen Vergleiches mit dem Mann – Whitney – U – Test zwischen den Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto in Bezug auf die projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene

		Jena	Kyoto
LCSR	Litauen	0,038*	0,033*
	Kyoto	0,906	

LCSR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; *p < 0,05

4.3. Projektivische Winkelmaße des Canalis infraorbitalis

Zur Veranschaulichung des Verlaufs des Canalis infraorbitalis wurde eine Winkelmessung in allen drei Schnittebenen durchgeführt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der ermittelten Winkel wurden in Tabelle 10 dargestellt.

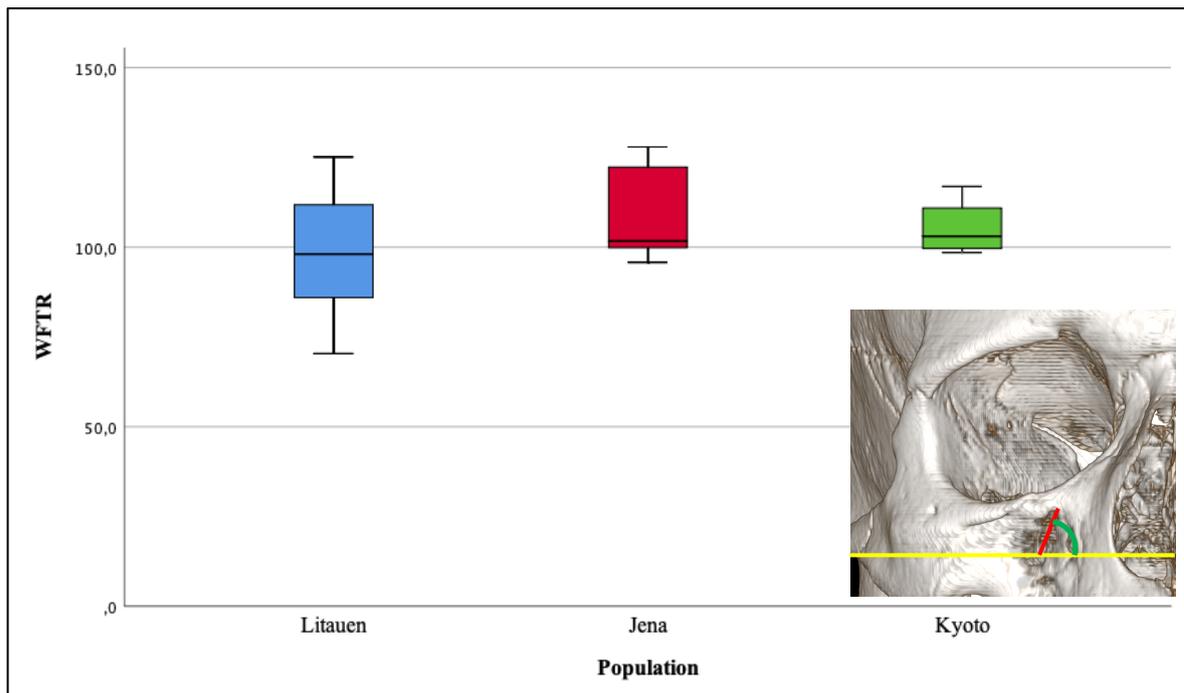
Es zeigte sich, dass Population 1 einen kleineren Winkel zwischen der projektivischen Kanallänge in der Frontalansicht (LCFR) und der Transversalebene (WFTR, WFTL) aufwies, als die Populationen 2 und 3. Bei allen Populationen ist dieser Winkel stumpf. Bezogen auf den projektivischen Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene (WTSR) wies Population 3 einen signifikant höheren Wert auf, als die Populationen 1 und 2. Auf der linken Seite (WTSL) gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Populationen. Beide Winkel (WTSR, WTSL) sind bei allen drei Populationen spitz. In Bezug zu den Winkeln zwischen der projektivischen Kanallänge im Sagittalschnitt (LCSR, LCSSL) und der Frontalebene (WSFR, WSFL) zeigte sich kein Unterschied zwischen den Populationen 2 und 3. Population 1 wies in Hinblick auf WSFR und WSFL signifikant niedrigere Werte auf, als die Populationen 2 und 3. Für die rechte Seite wurde die Verteilung aller Werte für die Populationen 1, 2 und 3 grafisch in Form von Boxplots dargestellt (Abb. 26 – 27).

Tab. 10 Mittelwerte und Standardabweichungen der projektivischen Winkelmaße des Canalis infraorbitalis der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto. Angaben in Grad

	Litauen			Jena			Kyoto		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
WFTR	44	98,03	15,33	9	109,57	13,00	8	105,32	7,08
WTSR	44	8,02	18,26	9	17,00	8,16	8	14,56	7,56
WSFR	44	41,15	10,39	9	47,14	11,62	8	46,34	11,23
WFTL	48	99,23	12,97	7	109,14	13,92	8	98,84	10,47
WTSL	48	13,78	14,24	7	20,51	12,05	8	10,10	12,76
WSFL	48	39,69	10,66	7	46,69	10,44	8	47,36	11,80

n Anzahl; \bar{x} Mittelwert; SD Standardabweichung; WFTR projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Frontalschnitt (LCFR) und der Transversalebene – rechts, WTSR projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Transversalschnitt (LCTR) und der Sagittalebene – rechts, WSFR projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt (LCSR) und der Frontalebene – links, WFTL projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Frontalschnitt (LCFL) und der Transversalebene – links, WTSL projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infrorbitalis im Transversalschnitt (LCTL) und der Sagittalebene – links, WSFL projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt (LCSL) und der Frontalebene – links

Ausrichtung des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene



Ausrichtung des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene

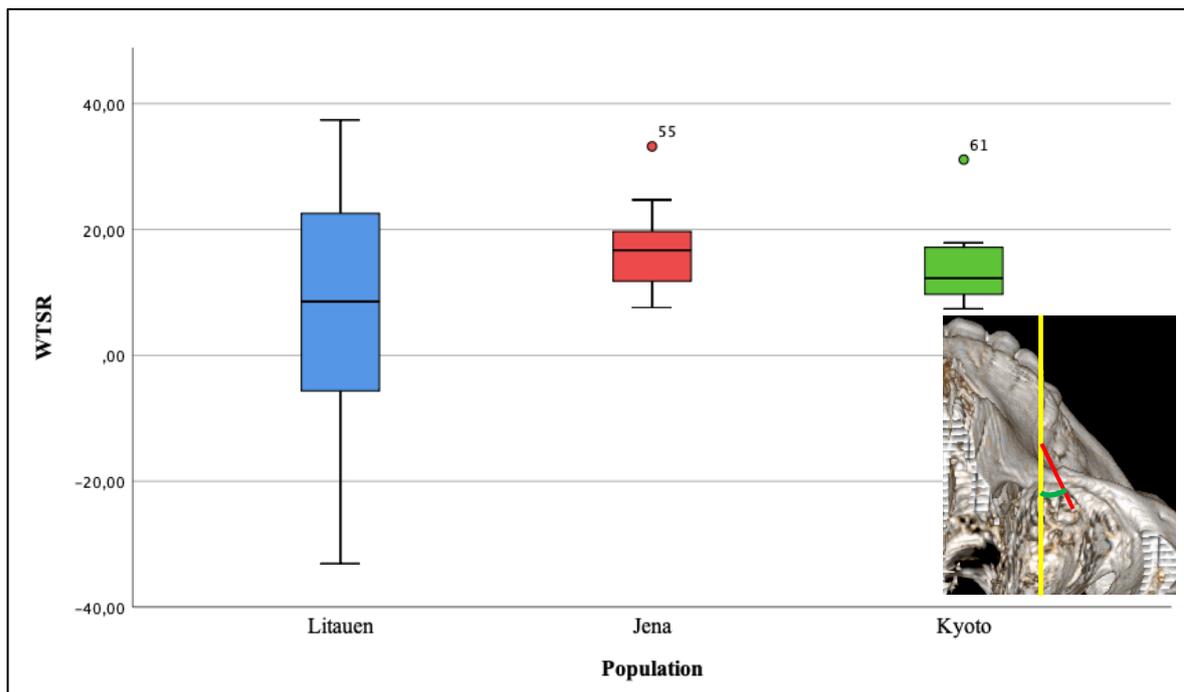


Abb. 26 Boxplots zur Darstellung des projektivischen Winkels zwischen der projektivischen Länge des rechten Canalis infraorbitalis im Frontalschnitt (LCFR) und der Transversalebene WFTR (oben) und des projektivischen Winkels zwischen der projektivischen Länge des rechten Canalis infraorbitalis (LCTR) im Transversalschnitt und der Sagittalebene WFTL (unten) für die Populationen aus Litauen (blau), Jena (rot) und Kyoto (grün). In den Insets sind WFTR (oben) und WTSR (unten) in grün dargestellt.

Ausrichtung des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene

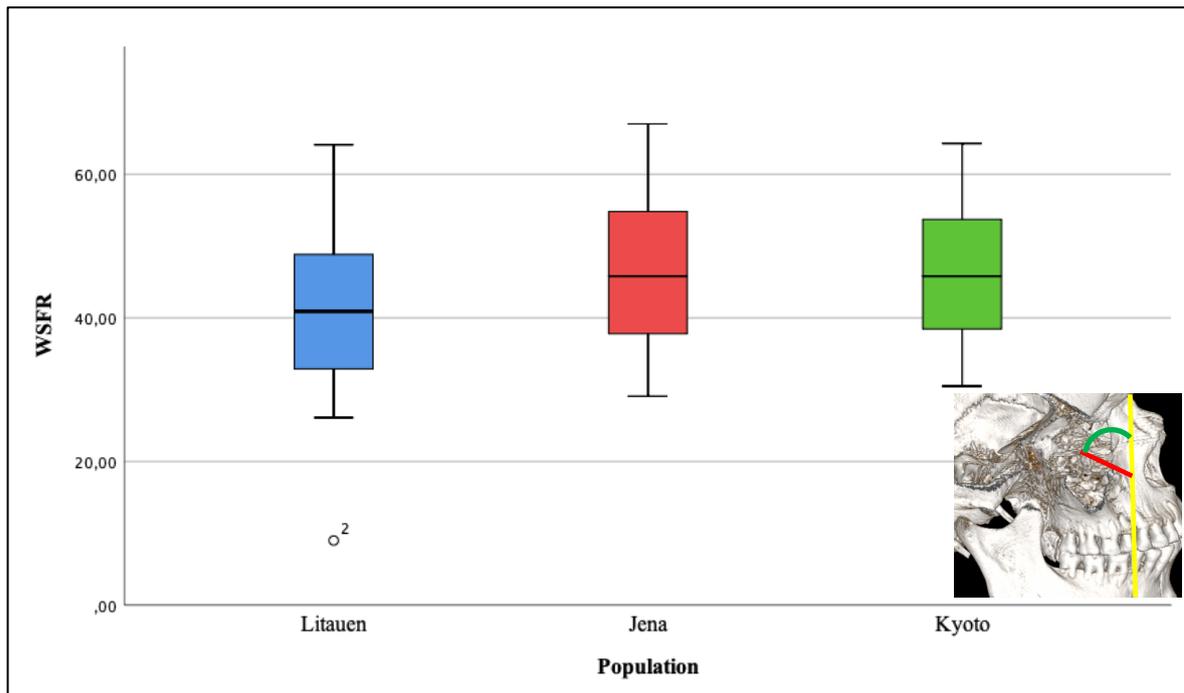


Abb. 27 Boxplot zur Darstellung des projektivischen Winkels zwischen der projektivischen Länge des rechten Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt (LCSR) und der Frontalebene WFSR für die Populationen aus Litauen (blau), Jena (rot) und Kyoto (grün). Im Inset ist WFSR in grün dargestellt.

Populationsunterschiede bezüglich der projektivischen Winkel des Canalis infraorbitalis

Um festzustellen, ob in Bezug auf die ermittelten Winkel Unterschiede zwischen den Populationen bestehen, wurde der Kruskal – Wallis – Test angewendet, dessen Ergebnisse in Tabelle 11 dargestellt sind. Es ist zu erkennen, dass für die ermittelten projektivischen Winkel kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Populationen bestand.

Tab. 11 Mittlere Ränge und Ergebnisse des Kruskal – Wallis – Test für die projektivischen Winkel des Canalis infraorbitalis der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto

	Litauen		Jena		Kyoto		H – Test	
	n	mR	n	mR	n	mR	KWH	p
WFTR	44	27,97	9	40,67	8	36,81	4,81	0,09
WTSR	44	28,90	9	38,44	8	34,19	2,46	0,293
WSFR	44	28,76	9	37,11	8	36,44	2,52	0,284
WFTL	48	30,94	7	42,00	8	29,63	2,38	0,304
WTSL	48	32,25	7	37,93	8	25,31	1,81	0,405
WSFL	48	29,33	7	40,36	8	40,69	4,27	0,118

n Anzahl; mR mittlerer Rang; KWH Kruskal – Wallis – H; WFTR projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Frontalschnitt (LCFR) und der Transversalebene – rechts, WTSR projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Transversalschnitt (LCTR) und der Sagittalebene – rechts, WSFR projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt (LCSR) und der Frontalebene – links, WFTL projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Frontalschnitt (LCFL) und der Transversalebene – links, WTSL projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infrorbitalis im Transversalschnitt (LCTL) und der Sagittalebene – links, WSFL projektivischer Winkel zwischen der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt (LCSL) und der Frontalebene – links

4.4. Morphologie des Canalis infraorbitalis

Es konnte anhand der Winkelmessung in der Frontalansicht eine Einteilung des Kanalverlaufs in zwei verschiedene Typen vorgenommen werden (s. Kap. 3). Beide Verlaufsformen sind in den Abbildungen 28 – 29 durch 3D Rekonstruktionen anhand von jeweils einem Beispiel dargestellt. Dabei wurde der Canalis infraorbitalis in ein 3D Schädelmodell eingefügt, um die Nachbarschaftsbeziehungen zu Orbita und Sinus maxillaris darzustellen.

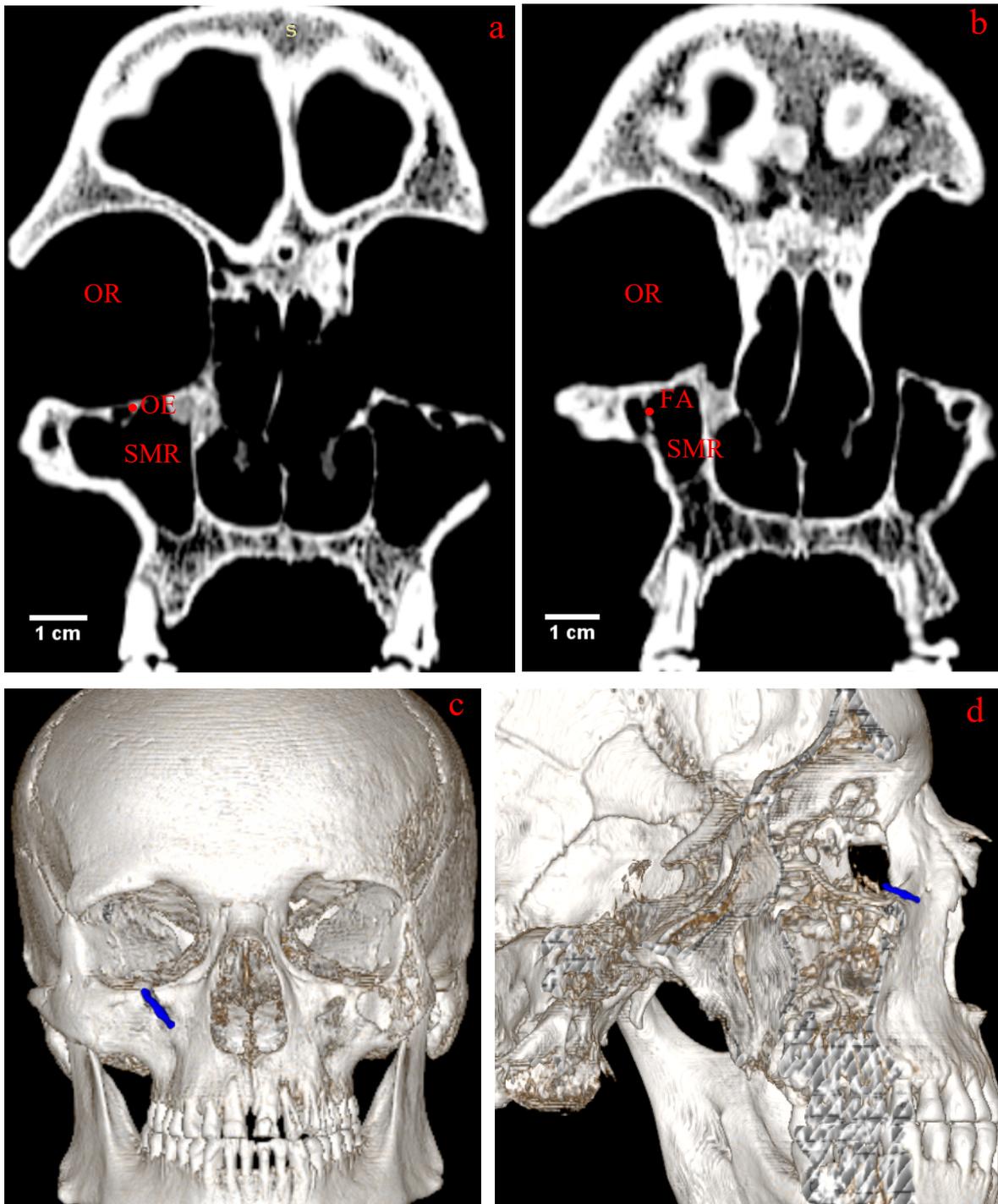


Abb. 28 Koronare CT-Schichtaufnahmen, sowie 3D-Rekonstruktion des rechten Canalis infraorbitalis eines adulten männlichen Schädels der Population Plinkaigalis. **a** koronare CT Schichtaufnahme auf Höhe des orbitalen Eingangs OE des rechten Canalis infraorbitalis, **b** koronare CT Schichtaufnahme auf Höhe des fazialen Ausgangs FA des rechten Canalis infraorbitalis. OR – Orbita rechts, SMR – Sinus maxillaris rechts. **c** zeigt die 3D Rekonstruktion des Canalis infraorbitalis des Verlaufstypus 1, innerhalb des rekonstruierten Schädels von frontal **d** zeigt die 3D Rekonstruktion des Canalis infraorbitalis des Verlaufstypus 1, innerhalb des rekonstruierten Schädels von sagittal.

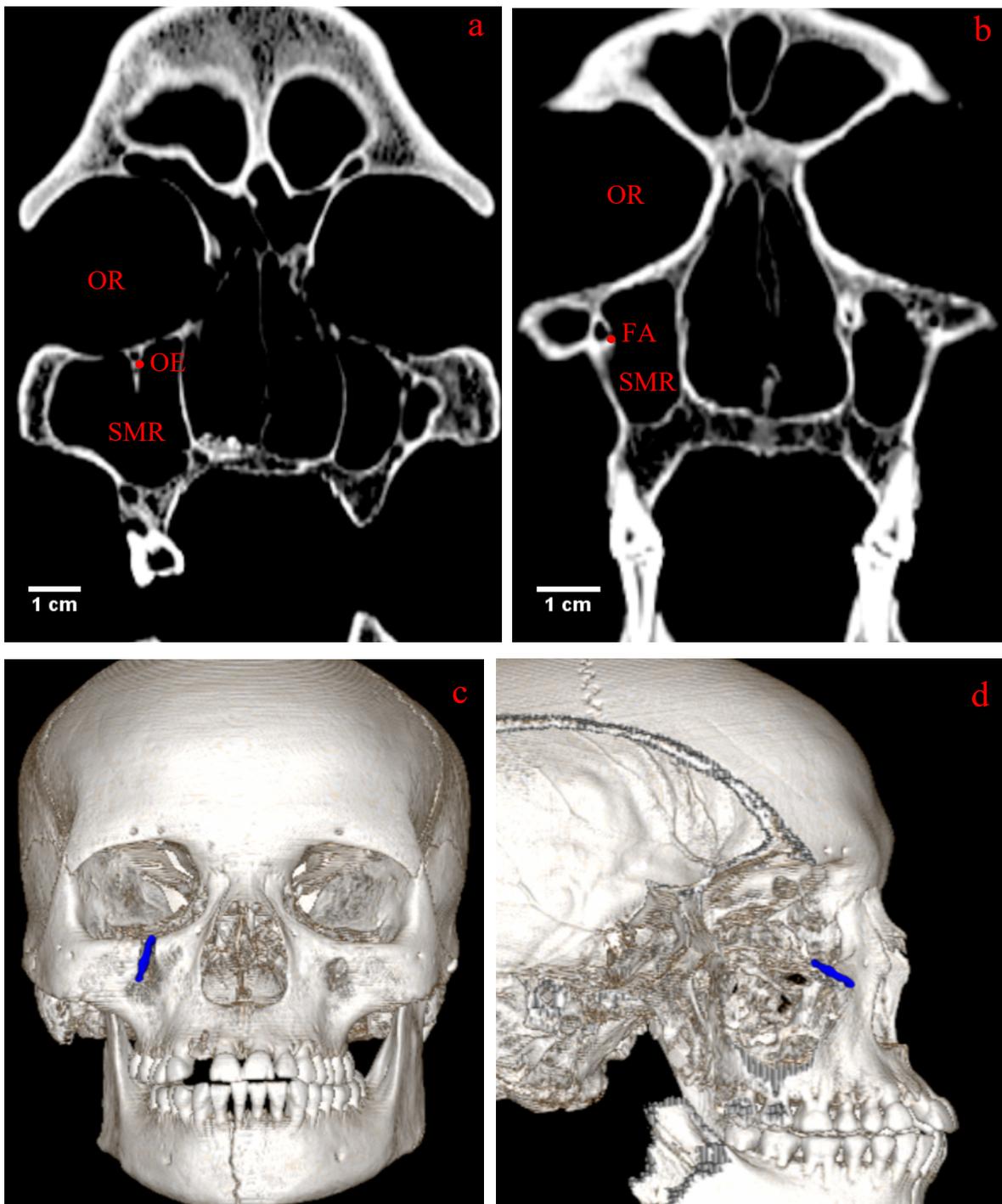


Abb. 29 Koronare CT-Schichtaufnahmen, sowie 3D-Rekonstruktion des rechten Canalis infraorbitalis eines adulten männlichen Schädels der Population Plinkaigalis. **a** koronare CT Schichtaufnahme auf Höhe des orbitalen Eingangs OE des rechten Canalis infraorbitalis, **b** koronare CT Schichtaufnahme auf Höhe des facialen Ausgangs FA des rechten Canalis infraorbitalis.. OR – Orbita rechts, SMR – Sinus maxillaris rechts. **c** zeigt die 3D Rekonstruktion des Canalis infraorbitalis des Verlaufstypus 2, innerhalb des rekonstruierten Schädels von frontal. **d** zeigt die 3D Rekonstruktion des Canalis infraorbitalis des Verlaufstypus 2, innerhalb des rekonstruierten Schädels von sagittal.

Bei der Auswertung aller 65 Präparate (Abb. 30) lässt sich feststellen, dass für die rechte und die linke Seite Kanaltyp 1 die häufigste Verlaufsform ist. Kanaltyp 2 kommt seltener vor. Auf der rechten Seite gibt es 17 Präparate und auf der linken Seite 12 Präparate, die diese Verlaufsform aufweisen. Bei Betrachtung der Verteilung beider Typen innerhalb der Populationen (Abb. 31), gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Seiten. Auf der rechten Seite wies ausschließlich Population 1 Präparate auf, die einen Typ – 2 Verlauf haben. Die Mehrzahl der Präparate dieser Population wies den Verlaufstypus 1 auf. Die Populationen 2 und 3 wiesen ausschließlich Präparate mit einer Typ – 1 Verlaufsform auf. Linksseitig wies die Mehrheit der Präparate der Population 1 auch einen Verlaufstypus 1 auf. Innerhalb von Population 1 finden sich 11 Präparate, die eine Typ 2 Verlaufsform aufwiesen. Population 2 wies linksseitig ausschließlich Präparate mit einer Typ – 1 Verlaufsform auf. Population 3 wies ein Präparat mit Typ – 2 Verlaufsform auf, die restlichen Präparate wiesen einen Verlaufstypus 1 auf.

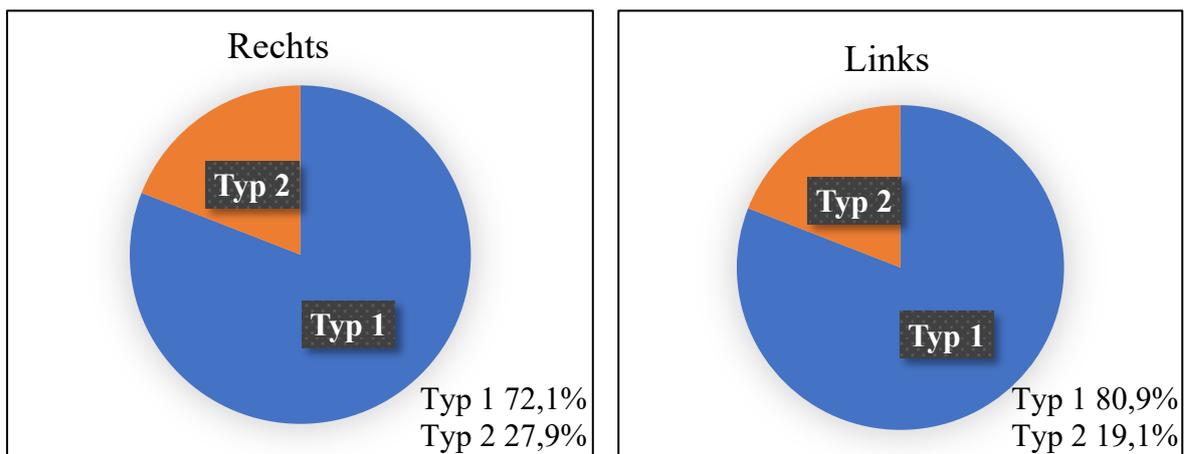


Abb. 30 Kreisdiagramme zur Darstellung der prozentualen Verteilung der beiden Verlaufsformen des Canalis infraorbitalis. Die Populationen Litauen, Jena und Kyoto wurden zusammengefasst.

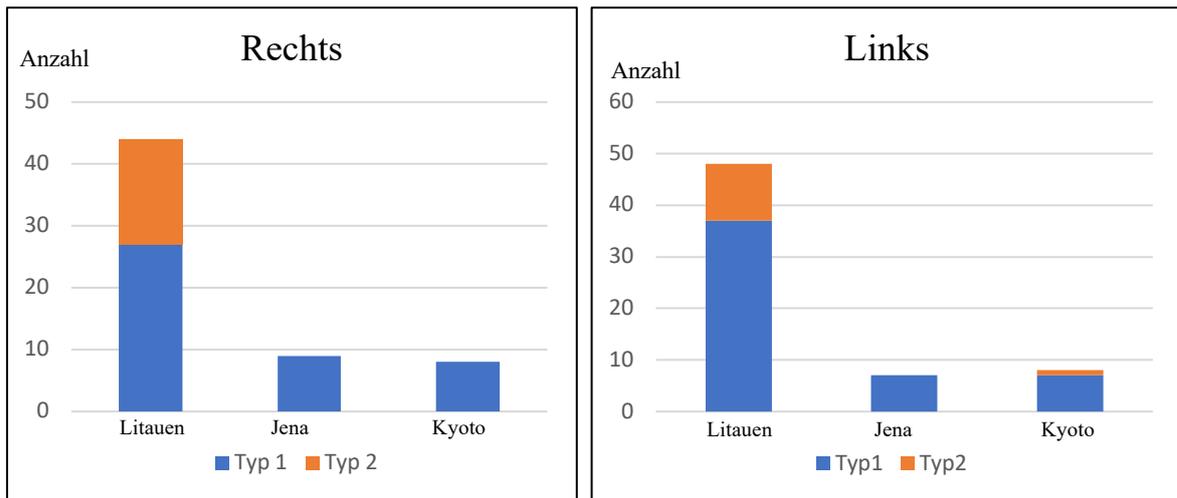


Abb. 31 Balkendiagramme zur Darstellung der Verlaufsformen des Canalis infraorbitalis der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto.

4.5. Externe Schädelmaße

In Bezug auf die externen Schädelmaße ließ sich anhand der Mittelwerte und Standardabweichungen feststellen, dass die Population 3 im Vergleich zu den Populationen 1 und 2 abweichende Werte aufwies. Dies lässt sich anhand der Schädelbasislänge (SBL), Gesichtsschädellänge (GSL), Mittelgesichtsbreite (MGB) und Obergesichtshöhe (OSH) verdeutlichen, wo die Population 3 insbesondere in Bezug auf die Gesichtsschädellänge (7,86mm) und die Mittelgesichtsbreite (7,77mm) signifikant niedrigere Werte aufwies, im Vergleich zu den Populationen 1 und 2.

Dies zeigte sich auch bezogen auf das Gesichtsschädelvolumen (GSV), bei dem die Schädel der Population 3 im Durchschnitt jeweils ein rund 93 cm³ (in Bezug zur Population 2) und ein rund 84 cm³ (in Bezug zur Population 1) kleineres Volumen aufwies, als die restlichen Populationen.

In Bezug zu anderen Schädelmaßen wie der Maxilloalveolarbreite (MAB) und der Jochbogenbreite (JBB) wies Population 3 höhere Werte auf, als die Populationen 1 und 2. Bei der Interorbitalbreite (IOB) gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Populationen.

Tab. 12 Mittelwerte und Standardabweichungen der externen Schädelmaße der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto, sowie dem daraus berechneten Gesamtschädelvolumen. Angabe in cm bzw. cm³

	Litauen			Jena			Kyoto		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
SBL	47	10,18	4,79	9	9,87	0,49	7	9,47	0,41
GSL	47	9,32	6,99	9	9,46	0,44	7	7,86	0,62
OSH	48	6,73	5,86	9	6,73	0,31	8	6,48	7,31
MGB	47	9,04	6,94	9	9,37	0,41	8	7,77	8,77
MAB	48	6,17	3,71	9	6,18	1,99	7	6,22	9,73
JBB	47	12,64	4,77	8	12,59	0,55	8	12,96	0,86
IOB	47	2,07	2,25	9	2,10	0,29	8	1,94	2,59
GSV	46	275,85	48,98	9	285,38	28,39	7	191,84	40,44

n – Anzahl; \bar{x} – Mittelwert; SD – Standardabweichung; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsbreite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen

4.5.1. Populationsunterschiede bezüglich der externen Schädelmaße

Weiterhin wurde überprüft, ob sich die einzelnen Populationen statistisch in Bezug auf die externen Schädelmaße unterscheiden. Dafür wurde der Kruskal – Wallis – Test angewendet. Die Populationen unterschieden sich statistisch signifikant in Hinblick auf die Schädelbasislänge (SBL), die Gesichtsschädellänge (GSL), die Mittelgesichtsbreite (MGB), und das Gesichtsschädelvolumen (GSV). Für diese Maße wurde anschließend, ein paarweiser Vergleich angewendet, dessen Ergebnisse in Tabelle 14 dargestellt sind. In Bezug auf die Schädelbasislänge unterschieden sich ausschließlich die Populationen aus Litauen und Kyoto. Bei der Gesichtsschädellänge und der Mittelgesichtsbreite unterschieden sich die Populationen aus Litauen und Kyoto statistisch signifikant, sowie die Populationen aus Jena und Kyoto.

Tab.13 Mittlere Ränge und Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Test (H-Test) in Bezug auf die externen Schädelmaße und dem daraus berechneten Gesamtvolumen der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto.

	Litauen		Jena		Kyoto		H – Test	
	n	mR	n	mR	n	mR	KWH	p
SBL	47	36,32	9	24,83	7	12,21	12,14	0,002**
GSL	47	34,48	9	38,72	7	6,71	15,36	0,000***
OGH	48	34,05	9	33,22	8	26,44	1,11	0,573
MGB	47	34,38	9	42,00	8	10,75	13,74	0,001**
MAB	48	33,33	9	32,72	7	26,50	0,82	0,662
JBB	47	31,66	8	27,75	8	38,25	1,38	0,502
IOB	47	33,15	9	35,67	8	25,13	1,57	0,455
GSV	46	33,61	9	38,33	7	8,86	12,94	0,002**

n Anzahl; mR mittlerer Rang; KWH Kruskal – Wallis – H; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsbreite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tab. 14 Ergebnisse des paarweisen Vergleiches mit dem Mann – Whitney – U – Test zwischen den Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto in Bezug zu den externen Schädelmaßen und dem daraus berechneten Gesichtsschädelvolumen

		Jena	Kyoto
SBL	Litauen	0,255	0,004**
	Kyoto	0,516	
GSL	Litauen	0,935	0,001**
	Kyoto	0,002**	
MGB	Litauen	0,782	0,003**
	Kyoto	0,002**	
GSV	Litauen	0,972	0,00**
	Kyoto	0,004**	

SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsbreite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen; **p<0,01

4.5.2. Volumina von Orbita und Sinus maxillaris

In Bezug auf die Volumina der Orbita und des Sinus maxillaris zeigte sich, dass Sinus maxillaris und Orbita der Population aus Kyoto die kleinsten Volumina aller drei Populationen aufwiesen. Dabei liegt die geringste Differenz beim Volumen der rechten Orbita (OR). Das Volumen der rechten Orbita ist bei der Population aus Kyoto circa 4,5 cm³ kleiner als bei der Population aus Jena und circa 5,2 cm³ kleiner als bei der Population aus Litauen. Bei allen anderen Volumina liegt die Differenz zwischen den Werten der Population aus Kyoto und den beiden anderen Populationen darüber bei 6 – 7 cm³. Die Population aus Litauen wies das größte Volumen bei allen Volumina auf, mit Ausnahme der linken Orbita (OL). Das Volumen der linken Orbita ist bei der Population aus Jena am größten. Des Weiteren zeigte sich, dass zwischen den Populationen Litauen und Jena keine signifikanten Unterschiede bestehen, die höchste Differenz zwischen diesen beiden Populationen lag bei ca. 2,5 cm³ (OL).

Tab. 15 Mittelwerte und Standardabweichungen der Volumina von Orbita und Sinus maxillaris der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto. Angaben in cm³

	Litauen			Jena			Kyoto		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
OL	48	27,32	3,86	9	29,91	3,01	8	22,40	2,12
SML	48	17,86	6,27	9	17,33	6,66	8	11,38	7,68
OR	47	27,52	3,74	9	26,85	4,30	8	22,27	1,38
SMR	47	17,45	5,72	9	16,87	6,31	8	10,56	6,01

n Anzahl; \bar{x} Mittelwert; SD Standardabweichung; OL Volumen der linken Orbita; SML Volumen des Sinus maxillaris; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris

4.5.3. Schädelindizes

Bezogen auf den erstellten Index IR, mit dem das Verhältnis vom Volumen des rechten Sinus maxillaris zum Volumen der rechten Orbita bestimmt wurde, zeigte sich, dass die Population aus Kyoto signifikant niedrigere Werte aufwies, als die anderen beiden Populationen. Das bedeutet, dass bei der Population Kyoto der Sinus maxillaris im Verhältnis zur Orbita signifikant kleiner ist, als bei den anderen beiden Populationen. Beim Index I_{SM}, mit dem das Verhältnis vom Volumen des Sinus maxillaris zum Gesichtsschädelvolumen beschrieben wurde, wies die Population aus Kyoto auch niedrigere Werte auf, als die anderen beiden Populationen. Bei dieser Population machte der rechte Sinus maxillaris einen geringeren Anteil am Gesamtschädelvolumen aus, als bei den Populationen aus Litauen und Jena. Der Index I_O wurde verwendet, um den Anteil des Volumens der rechten Orbita am Gesichtsschädelvolumen zu beschreiben. Für diesen Index zeigte die Population aus Kyoto höhere Werte, als die Populationen Litauen und Jena. Bei den Schädeln der Population aus Kyoto hat die rechte Orbita somit einen größeren Anteil am Gesamtschädelvolumen GSV. Zusätzlich wurde für eine bessere Vergleichbarkeit, sowie die grafische Darstellung ein weiterer Index für die relative Kanallänge erhoben (I_{RLCSR})

$$I_{RLCSR} = \frac{LCSR}{GSL} \times 100$$

Dieser Index, der das Verhältnis der projektivischen Kanallänge LCSR zur Gesichtsschädellänge GSL beschreibt, ist bei der litauischen Population am kleinsten. Bei dieser Population ist die projektivische Kanallänge des rechten Canalis infraorbitalis im Verhältnis zur Gesichtsschädellänge kleiner, als bei den anderen Populationen. Bei der Population aus Kyoto, die für diesen Index den höchsten Wert aufwies, ist das Verhältnis von LCSR zu GSL fast doppelt so groß wie bei der Population aus Litauen. Die bestimmten Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 16 aufgeführt, sowie grafisch in Form eines Netzdiagrammes dargestellt (Abb. 32).

Tab. 16 Mittelwerte und Standardabweichungen der erhobenen Indizes von Orbita und Sinus maxillaris der Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto

	Litauen			Jena			Kyoto		
	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD	n	\bar{x}	SD
IR	47	63,68	19,57	9	62,56	17,55	8	48,26	29,84
I _{SM}	46	6,25	1,58	9	5,82	1,73	7	4,76	2,43
I _O	46	10,25	2,26	9	9,44	1,47	7	12,11	1,93
I _{RLCSR}	45	6,84	3,22	9	9,54	2,64	7	11,84	4,87

n Anzahl; \bar{x} Mittelwert; SD Standardabweichung; IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_O = OR/GSV x 100; I_{RLCSR} = LCSR/GSL x 100

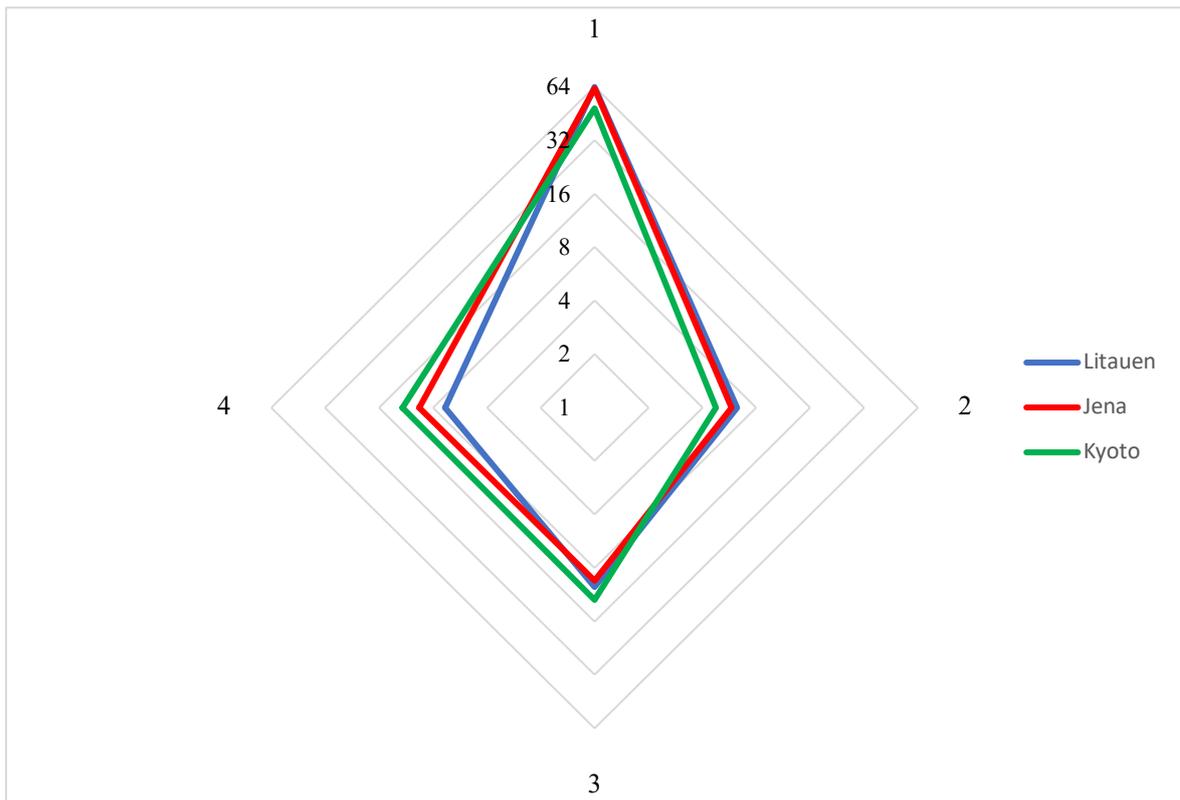


Abb. 32 Netzdiagramm für die Darstellung der logarithmierten Werte für die erhobenen Indizes für die Populationen aus Litauen, Jena und Kyoto. 1 Index für das Verhältnis vom Volumen des rechten Sinus maxillaris zum Volumen der rechten Orbita (I_R); 2 Index für das Verhältnis vom Volumen des rechten Sinus maxillaris zum Gesichtsschädelvolumen (I_{SM}); 3 Index für das Verhältnis vom Volumen der rechten Orbita zum Gesichtsschädelvolumen (I_O); 4 Index für das Verhältnis der projektivischen Kanallänge LCSR zur Gesichtsschädellänge GSL (I_{RLCSR})

4.6. Einfluss von Orbita und Sinus maxillaris auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis

Eine Kernfrage der Untersuchung war, ob die Beziehungen von Orbita und Sinus maxillaris zueinander Auswirkungen auf den Verlaufstypus des Canalis infraorbitalis haben. Dafür wurden die Mittelwerte der erhobenen Schädelindizes verwendet und die Populationen zusammengefasst. Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt, sowie grafisch in Form eines Netzdiagrammes aufgeführt (Abb. 33).

Es zeigte sich, dass bezogen auf die Schädelindizes keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Verlaufstypen des Canalis infraorbitalis bestehen. Das heißt, die Beziehungen von Sinus maxillaris Orbita zueinander haben keinen Einfluss darauf, ob der Kanal in der Frontalebene von kranio-lateral nach kaudomedial verläuft (Typ 1), oder von kranio-medial nach kaudolateral (Typ 2). Auch die projektivischen Längen des Canalis infraorbitalis unterscheiden sich nicht zwischen den beiden Kanaltypen.

Tab.17 Mittelwerte der erhobenen Schädelindizes, sowie der projektivischen Kanallängen des Canalis infraorbitalis bezogen auf die beiden Verlaufstypen des Canalis infraorbitalis. Die Populationen wurden zusammengefasst

	IR		I _{SM}		I _O		I _{RLCSR}		LCFR		LCTR		LCSR	
	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}
Typ 1	44	60,77	42	5,73	42	10,01	42	8,28	42	5,62	42	5,42	44	7,91
Typ 2	17	59,44	17	6,36	17	11,21	17	7,56	17	5,11	17	4,51	17	6,93

n Anzahl; \bar{x} Mittelwert; IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_O = OR/GSV x 100; I_{RLCSR} = LCSR/GSL x 100; LCSR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene

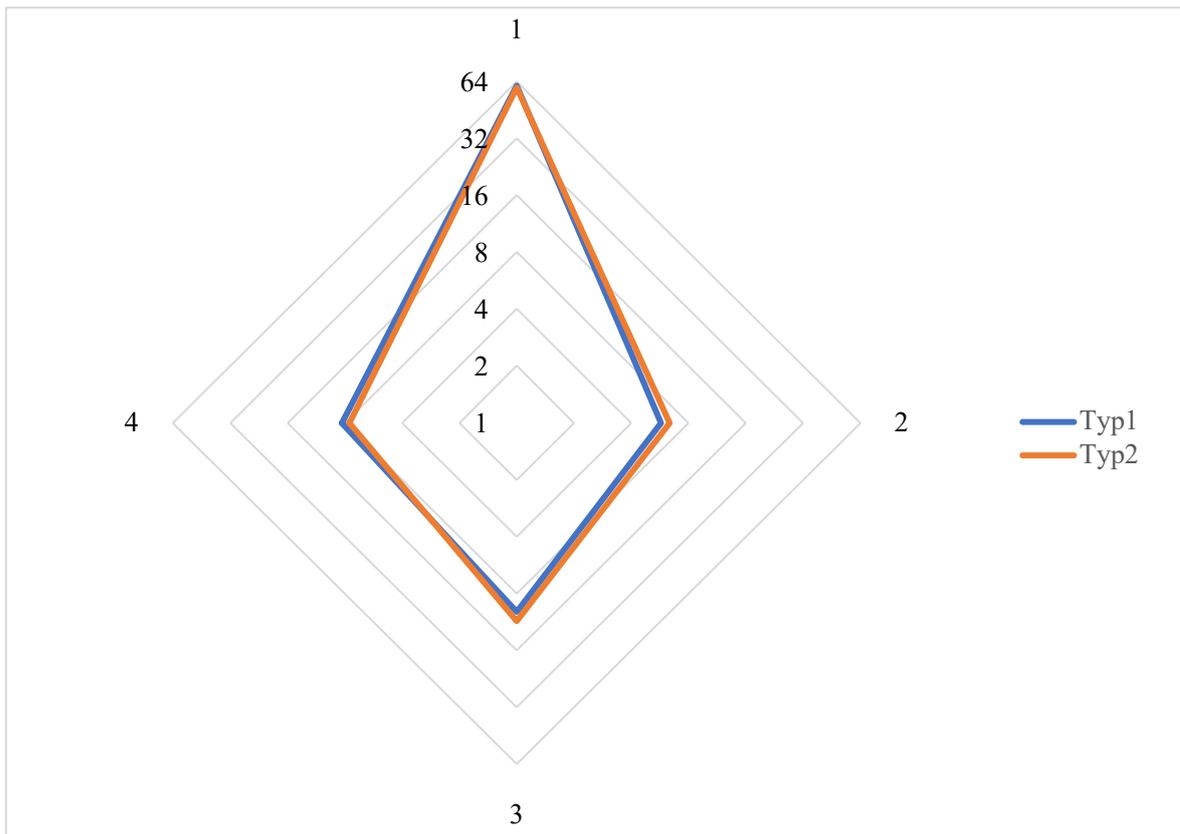


Abb. 33 Netzdiagramm zur Darstellung der logarithmierten Werte für die erhobenen Indizes der beiden Kanaltypen unter Zusammenfassung aller Populationen. 1 Index für das Verhältnis vom Volumen des rechten Sinus maxillaris zum Volumen der rechten Orbita (I_R); 2 Index für das Verhältnis vom Volumen des rechten Sinus maxillaris zum Gesichtsschädelvolumen (I_{SM}); 3 Index für das Verhältnis vom Volumen der rechten Orbita zum Gesichtsschädelvolumen (I_O); 4 Index für das Verhältnis der projektivischen Kanallänge LCSR zur Gesichtsschädellänge GSL (I_{RLCSR})

Zusätzlich wurden die projektivischen Längen des Canalis infraorbitalis (LCFR, LCTR, LCSR) und die erhobenen Schädelindizes einer Korrelationsanalyse unterzogen (Tab. 18). Dabei konnte keine signifikante Korrelation festgestellt werden.

Tab. 18 Rangkorrelationsanalyse der erhobenen Schädelindizes, sowie der projektivischen Längen des Canalis infraorbitalis. Die Populationen wurden zusammengefasst

	IR	I _{SM}	I _o
LCFR	,236	,04	-,159
LCTR	,122	,067	,056
LCSR	,182	,060	-,044

IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_o = OR/GSV x 100; LCSR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCSR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Eingang und dem fazialen Ausgang des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene

4.7. Ergebnisse der Rangkorrelationsanalysen

Um die Beziehungen zwischen dem Canalis infraorbitalis, den erhobenen Schädelmaßen und den ermittelten Volumina von Sinus maxillaris und Orbita genauer zu analysieren, wurden zusätzlich zu den in Kapitel 4.6. untersuchten Beziehungen weitere Korrelationsanalysen durchgeführt (Tab. 19 – 21). Aufgrund der geringen Schädelanzahl wurden die Populationen dafür zusammengefasst.

Zunächst wurden die Merkmale der Kanalorientierung untereinander verglichen (Tab.19). Dabei zeigte sich, dass die Abstände vom fazialen Kanalausgang FA zum Margo orbitalis inferior rechts und links (CHR1 – CHL1) nur signifikant untereinander korrelieren. In Bezug zu den erhobenen Abständen von OE bzw. FA des Canalis infraorbitalis zur Mediansagittalebene (CBR1, CBR2, CBL1, CBL2) konnte auch eine signifikante Korrelation untereinander festgestellt werden, mit Ausnahme von CBL2 mit CBR1. Außerdem korrelierte der Abstand des orbitalen Kanaleingangs OE zur Mediansagittalebene einer Seite (CBR1, CBL1), mit dem Abstand des fazialen Kanalausgangs FA zur Mediansagittalebene der betreffenden Seite (jeweils CBR2, CBL2).

Die erhobenen Abstände zur Mediansagittalebene korrelierten nicht mit den Höhenmaßen (CHR1, CHL1). Die projektivischen Längen des Kanals in der Sagittalebene auf beiden Seiten (LCSR, LCSL) korrelierten hoch signifikant mit den Höhenmaßen CHR1, CHL1 der jeweiligen Seite. LCSR korrelierte auch mit dem Abstand des fazialen Kanalausgangs FA zum Margo orbitalis inferior der linken Seite (CHL1). LCSL korrelierte mit dem Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang FA der linken Seite und der Mediansagittalebene (CBL2).

Beim Vergleich der Abstände der Öffnungen des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten und Ebenen mit den externen Schädelmaßen (Tab. 20) zeigte sich, dass die Abstände des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis zum Margo orbitalis inferior (CHL1, CHR1) mit nahezu allen externen Schädelmaßen korrelierten. Nur zwischen CHL1 und JBB bzw. IOB, sowie zwischen CHR1 und MAB bzw. OSH konnte keine Korrelation festgestellt werden. In Bezug zur projektivischen Kanallänge in der Sagittalansicht konnte eine Korrelation zwischen LCSL und IOB nachgewiesen werden. In Bezug zu den Abständen der Öffnungen des Canalis infraorbitalis zur Mediansagittalebene zeigten sich Korrelationen mit den externen Schädelmaßen. CBR1 korrelierte mit der Jochbogenbreite (JBB), mit der Obergesichtshöhe (OSH) und der Interorbitalbreite (IOB). CBL2 korrelierte mit JBB, IOB und zusätzlich mit SBL. CBL1 korrelierte mit allen externen Schädelmaßen mit Ausnahme von GSL und OSH. CBR2 korrelierte mit GSL, GSV und MGB.

Beim Vergleich der Volumina von Orbita und Sinus maxillaris beidseits (OR, OL, SMR, SML) mit den Abständen der Öffnungen des Canalis infraorbitalis zu definierten Punkten und Ebenen zeigte sich, dass die Volumina untereinander hoch signifikant korrelierten. Die Abstände des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis zum Margo orbitalis inferior (CHR1, CHL1) korrelierten mit den Volumina von Orbita und Sinus maxillaris. Bezogen auf die projektivische Kanallänge in der Sagittalansicht zeigte sich, dass LCSR ausschließlich mit dem linken Sinus maxillaris korrelierte und LCSL mit dem linken und dem rechten Sinus maxillaris. CBR2 korrelierte mit allen Volumina und CBL2 ausschließlich mit dem Volumen der rechten Orbita. Die Abstände des orbitalen Kanaleingangs zur Mediansagittalebene (CBR1, CBL1) korrelierten mit allen Volumina, außer dem rechten Sinus maxillaris (SMR).

Tab. 19 Rangkorrelationsanalyse der Abstände von OE bzw. FA des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten, sowie der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt untereinander. Die Populationen wurden zusammengefasst

	CHL1	CHR1	CBL1	CBL2	CBR1	CBR2
CHL1		,573**	,164	,017	,114	,147
CHR1	,573**		,097	,080	-,070	-,063
CBL1	,164	,097		,872**	,281*	,354**
CBL2	,017	,080	,872**		,228	,358**
CBR1	,114	-,070	,281*	,228		,900**
CBR2	,147	-,063	,354**	,358**	,900**	
LCSL	,512**	,225	-,147	-,303*	,093	,068
LCSR	,453**	,460**	-,009	-,205	,180	,137

n Anzahl; CHL1 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und dem Margo orbitalis inferior; CHR 1 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior; CBL1 Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang links und der Mediansagittalebene; CBL2 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und der Mediansagittalebene; CBR1 Abstand zwischen dem orbitalem Kanaleingang rechts und der Mediansagittalebene; CBR2 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und der Mediansagittalebene; LCSL projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang und dem fazialen Kanalausgang der linken Seite; LCSR projektivischer Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang und dem fazialen Kanalausgang der rechten Seite; *p<0,05; **p<0,01

Tab. 20 Rangkorrelationsanalyse der Abstände von OE bzw. FA des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten und Ebenen, sowie der projektivischen Kanallänge im Sagittalschnitt und den erhobenen externen Schädelmaßen. Die Populationen wurden zusammengefasst

	SBL	GSV	GSL	OGH	MGB	MAB	JBB	IOB
CHL1	,350**	,551**	,483**	,280*	,575**	,310*	,188	-,017
CHR1	,350**	,394**	,440**	,239	,389**	,201	,143	-,091
CBL1	,395**	,333**	,227	,194	,323*	,256*	,367**	,330**
CBL2	,404**	,218	,162	,132	,171	,234	,344**	,257*
CBR1	,106	,139	-,019	,292*	,119	,159	,421**	,276*
CBR2	,260*	,247	,070	,354**	,207	,284*	,531**	,330**
LCSL	-,040	,136	,111	,076	,158	,215	,007	-,255*
LCSR	-,012	,172	,229	,099	,199	,180	,083	-,142

n Anzahl; CHL1 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und dem Margo orbitalis inferior; CHR1 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior; CBL1 Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang links und der Mediansagittalebene; CBL2 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und der Mediansagittalebene; CBR1 Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang rechts und der Mediansagittalebene; CBR2 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und der Mediansagittalebene; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalansicht; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalansicht; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsbreite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen; *p<0,05; **p<0,01

Tab.21 Rangkorrelationsanalyse der Abstände von OE bzw. FA des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten, sowie der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis in der Sagittalansicht und den Volumina von Sinus maxillaris und Orbita. Die Populationen wurden zusammengefasst

	CHR1	CBR1	CBR2	LCSR	CBL1	CBL2	CHL1	LCSL	OR	SMR	OL	SML
OR	,399**	,265*	,336**	,129	,324*	,273*	,445**	,078		,398**	,811**	,408**
SMR	,302*	,157	,256*	,241	,201	,092	,524**	,316*	,398**		,419**	,853**
OL	,351**	,326*	,425**	,125	,281*	,245	,438**	,113	,811**	,419**		,394**
SML	,292*	,261*	,346**	,284*	,282*	,158	,602**	,375**	,408**	,853**	,394**	

n Anzahl; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris; OL Volumen der linken Orbita; SML Volumen des linken Sinus maxillaris; CHR1 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior; CBR1 Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang rechts und der Mediansagittalebene; CBR2 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und der Mediansagittalebene; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalansicht; CBL1 Abstand zwischen dem orbitalen Kanaleingang links und der Mediansagittalebene; CBL2 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und der Mediansagittalebene; CHL1 Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und dem Margo orbitalis inferior; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalansicht; *p<0,05; **p<0,01

4.8. Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse

Ausgehend von den Ergebnissen der Rangkorrelation nach Spearman wurde für ausgewählte Merkmalspaare mit hoher Signifikanz eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt (Tab. 22). Dabei wurde für jedes Merkmalspaar eine Geradengleichung ermittelt, sowie ein Streudiagramm erstellt (Abb. 34 – 37).

Zunächst wurde eine lineare Regressionsanalyse für die ermittelten Volumina des Gesichtsschädels und des rechten Sinus maxillaris bzw. der rechten Orbita durchgeführt. Dabei zeigte das Merkmalspaar SMR – GSV eine engere Gruppierung um die Streugerade, als das Merkmalspaar OR – GSV. Weiterhin liegt das Bestimmtheitsmaß (R^2), welches die Vorhersagbarkeit des Modells beschreibt, für das Merkmalspaar SMR – GSV bei 0,456. Das bedeutet, dass sich das Gesichtsschädelvolumen im angewandten Modell zu 45,6% durch das Volumen des rechten Sinus maxillaris erklären lässt. Für das Merkmalspaar OR – GSV liegt das Bestimmtheitsmaß niedriger, bei 0,194.

Die Merkmalspaare von LCSL und CHL1, sowie von LCSR und CHR1 zeigten eine enge Gruppierung um die Bezugsgerade und eine konstante Verteilung durch die Populationen 1 und 2. Population 3 zeigte leicht abweichende Werte. Das Bestimmtheitsmaß lag für das Merkmalspaar LCSR – CHR1 bei 0,204. Die projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt (LCSL) ließ sich zu 20,4% durch den Abstand von FA des linken Canalis infraorbitalis zum Margo orbitalis inferior (CHL1) erklären.

Anschließend wurden die Abstände des fazialen Kanalausgangs zum Margo orbitalis inferior rechts und links (CHR1; CHL1) mit Messwerten und Volumina verglichen (CHL1 – GSV, CHL1 – SBL, CHL1 – GSL). Alle drei Merkmalspaare wiesen eine enge Gruppierung um die Streugerade, sowie eine konstante Verteilung durch die Populationen 1 und 2 auf. Das Merkmalspaar CHL1 – GSV wies von diesen drei Merkmalspaaren das höchste Bestimmtheitsmaß auf. CHL1 wurde im verwendeten Modell zu 24,2% durch das Gesichtsschädelvolumen (GSV) beeinflusst

Tab. 22 Einfache lineare Regressionsanalyse ausgewählter Merkmalspaare mit signifikanter Korrelation. Die Populationen wurden zusammengefasst.

Korrelierendes Merkmalspaar y – x	n	logarithmierte Regressionsgleichung $\ln y = m \ln x + n$	R ²
OR – GSV	61	$y = 0,3x + 1,63$	0,194
SMR – GSV	61	$y = 1,32x - 4,62$	0,456
LCSL – CHL1	60	$y = 0,76x + 0,34$	0,202
LCSR – CHR1	60	$y = 0,79x + 0,37$	0,204
CHL1 – GSV	59	$y = 0,65x - 1,56$	0,242
CHL1 – SBL	60	$y = 1,96x - 2,49$	0,129
CHR1 – GSL	61	$y = 1,21x - 0,69$	0,193

n Anzahl; R² Bestimmtheitsmaß; GSV Gesichtsschädelvolumen; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt; CHL1 vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang links und dem Margo orbitalis inferior; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt; CHR1 vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge

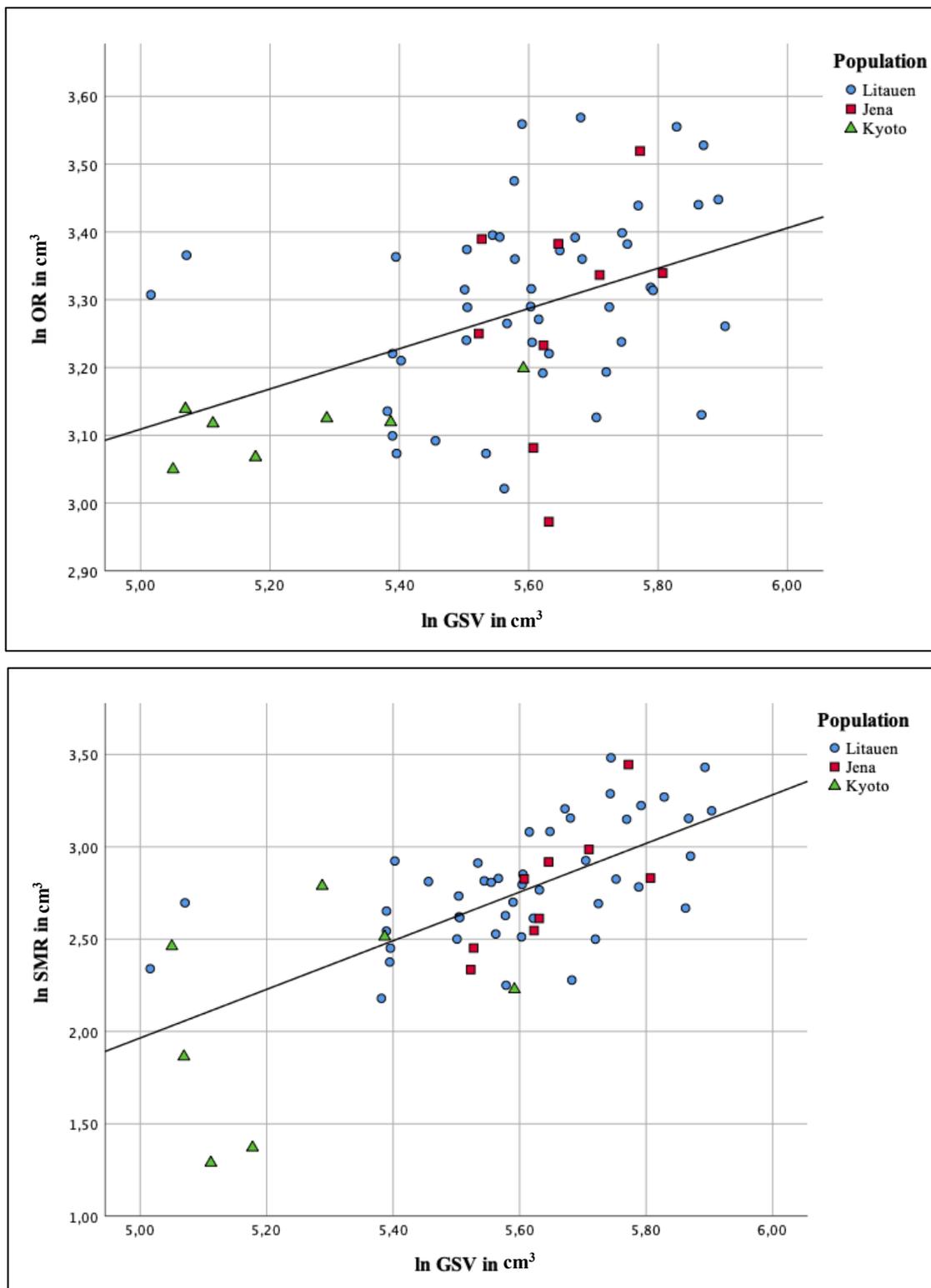


Abb. 34 Graphische Darstellung der Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse mit entsprechender Gerade zwischen den logarithmierten Werten von OR und GSV (oben) und SMR und GSV (unten). GSV Gesichtsschädelvolumen, OR Volumen der rechten Orbita, SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris

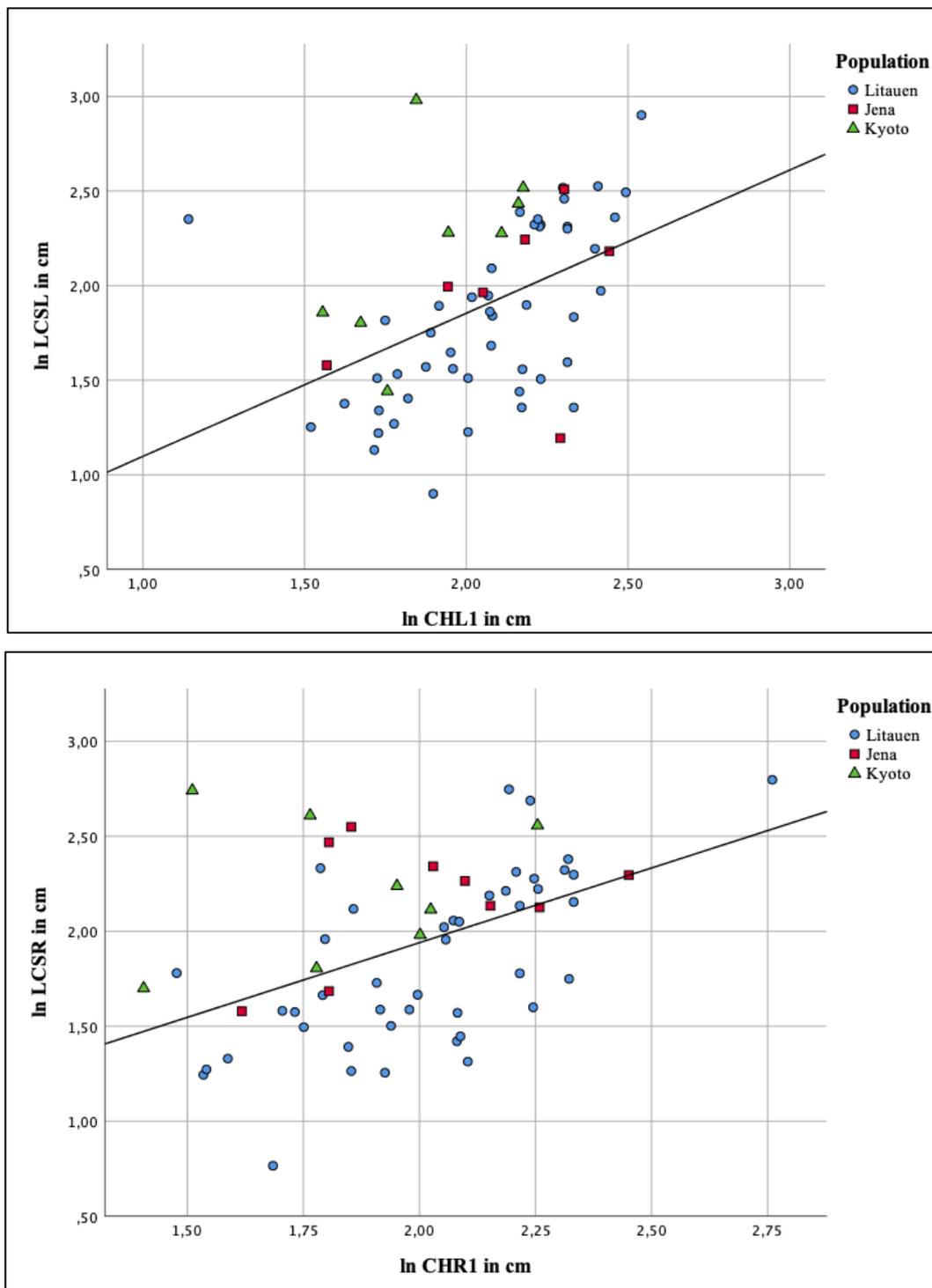


Abb. 35 Graphische Darstellung der Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse mit entsprechender Gerade zwischen den logarithmierten Werten von LCSL und CHL1 (oben) und LCSR und CHR1 (unten). LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis im Sagittalschnitt, CHL1 vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior, LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis, CHR1 vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior

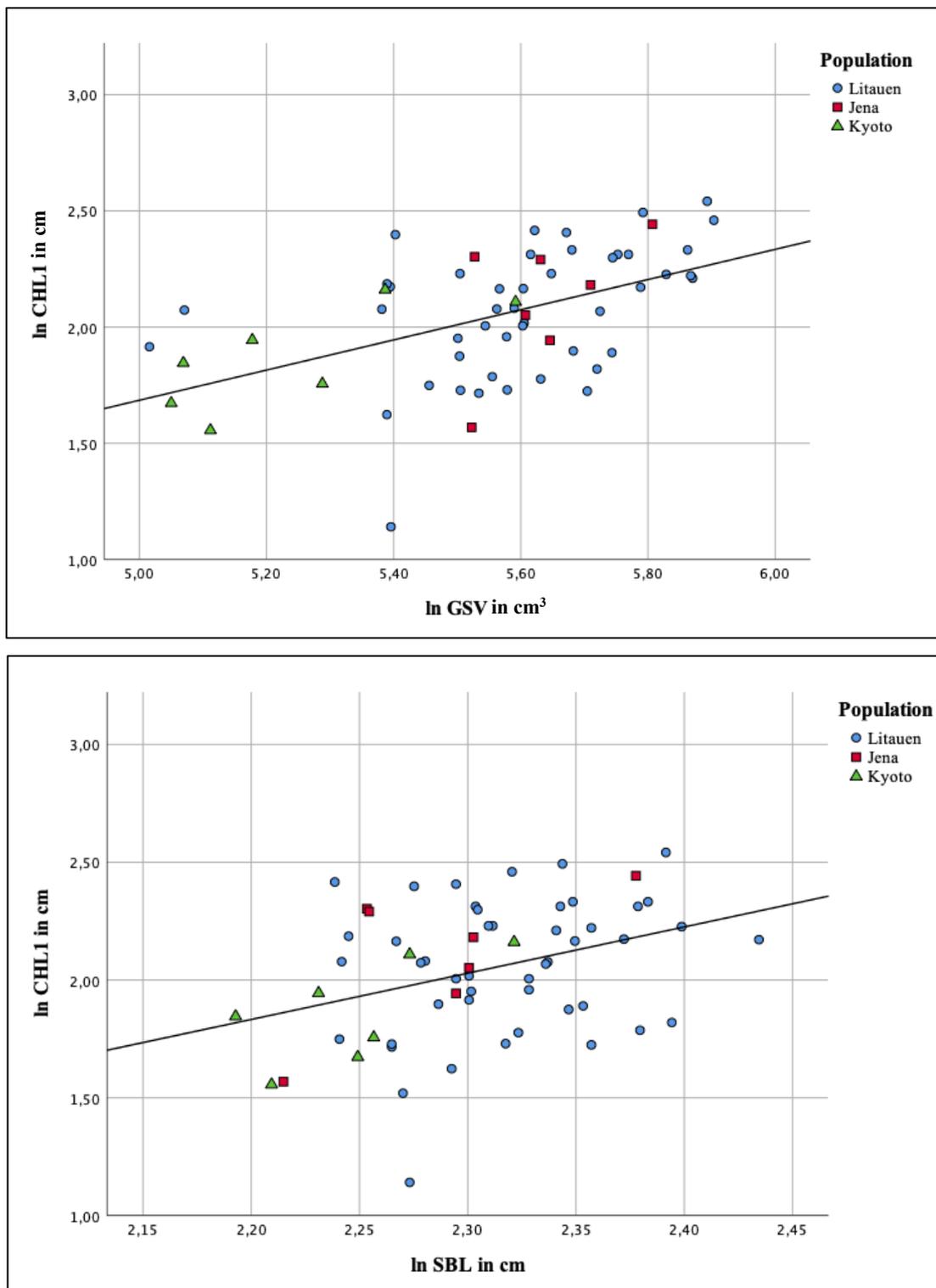


Abb. 36 Graphische Darstellung der Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse mit entsprechender Gerade zwischen den logarithmierten Werten von CHL1 und GSV (oben) und CHL1 und SBL (unten). CHL1 vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior, GSV Gesichtsschädelvolumen, SBL Schädelbasislänge

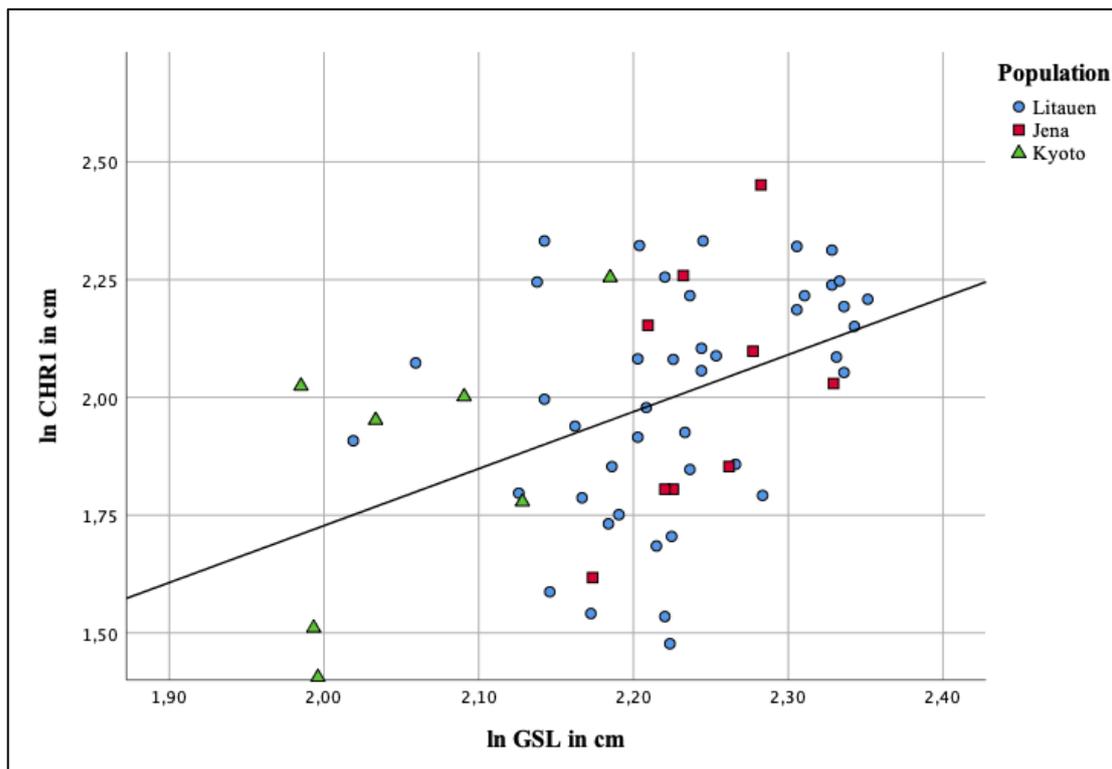


Abb. 37 Graphische Darstellung der Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse mit entsprechender Gerade zwischen den logarithmierten Werten von CHR1 und GSL. CHL1 vertikaler Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang rechts und dem Margo orbitalis inferior. GSL Gesichtsschädellänge

5. Diskussion

5.1. Ausrichtung des Canalis infraorbitalis

Ein wesentliches Ziel dieser Arbeit bestand darin, die Ausrichtung des Canalis infraorbitalis beim Menschen mit morphometrischen Methoden zu analysieren. Um verlässliche und vor allem reproduzierbare Aussagen zu erhalten, haben wir definierte Abstandsmessungen des orbitalen Eingangs und des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis zur Mediansagittalebene sowie zum Margo orbitalis inferior vorgenommen (s. Kap. 3). In der Literatur existieren bereits einige Untersuchungen über den Canalis infraorbitalis beim Menschen, bei denen die Autoren zur Einordnung der räumlichen Orientierung des Kanals ähnliche Abstandsmessungen durchgeführt haben. Hauptsächlich wurde dabei jedoch die Position des Foramen infraorbitale als fazialer Ausgang des Kanals untersucht. In der Tabelle 23 stellen wir die Ergebnisse einiger dieser Studien, unseren Untersuchungsergebnissen gegenüber.

Die verschiedenen Studien zum Canalis infraorbitalis unterscheiden sich zunächst hinsichtlich des verwendeten Untersuchungsmaterials. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Canalis infraorbitalis digital anhand von CT – Schichtaufnahmen der Schädel dreier zeitlich und geografisch voneinander getrennten Populationen vermessen, während die Ergebnisse anderer Autoren auf der Untersuchung von Probanden basierten (Hwang et al., 2013; Raschke et al., 2013; Dagistan et al., 2016). In diesen Studien wurden die digitalen Vermessungen anhand von CT – Schichtaufnahmen (Hwang et al., 2013; Raschke et al., 2013) oder DVT – Schichtaufnahmen (Dagistan et al., 2016) durchgeführt. Im Gegensatz dazu wurden die Vermessungen des Kanals von zahlreichen anderen Autoren direkt am Schädel mittels Messsonde bzw. einer digitalen Schieblehre durchgeführt (Stubbe, 1976; Cutright et al., 1991; Lopes et al., 2009; Ilayperuma et al., 2010; Nneka et al., 2015; Pratibha and Ramesh, 2017). Abgesehen von den unterschiedlichen Untersuchungsverfahren ist die Auswahl des Untersuchungsmaterials neben möglichen Populationsunterschieden eine Erklärung für die Schwankungsbreite hinsichtlich der erhaltenen Messwerte für die Abstände des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis zum Margo orbitalis inferior sowie der Mediansagittalebene. So konnten Nneka et al. (2015) bei Schädelvermessungen einen Wert von 7,46 mm für den Abstand des Kanalausgangs zum Margo orbitalis inferior ermitteln, während Raschke et al. (2016) bei Vermessungen von CT – Schichtaufnahmen von Patienten einen Wert von 8,61 mm ermittelten.

In Bezug auf den Abstand des Kanalausgangs zur Mediansagittalebene ermittelte Stubbe (1976) bei Vermessungen am Schädel einen Wert von 25,25 mm. Demgegenüber bestimmten Hwang et al. (2016) anhand von CT – Schichtaufnahmen von Probanden für diesen Abstand einen Wert von 26,5 mm.

Darüber hinaus ist die Festlegung der Messpunkte ein wichtiger methodischer Aspekt, um die Ergebnisse der Abstandsmessungen verschiedener Studien miteinander vergleichen zu können. So wurde in der vorliegenden Arbeit wurde der Punkt FA als Kanalausgang definiert und davon ausgehend der Abstand zu anderen anatomischen Punkten und Ebenen bestimmt (s. Kap. 3.). FA definiert dabei den am weitesten medial gelegenen Punkt am fazialen Ausgang des Kanals beim Übergang vom vollständig knöchern geschlossenen Kanal in die unvollständig geschlossene Struktur in der Frontalansicht. Ausgehend von diesem definierten Punkt FA wurden dann Abstandsmessungen zur Mediansagittalebene sowie dem Margo orbitalis inferior durchgeführt. Da wir in unserer Arbeit auch Längenmessungen des Canalis infraorbitalis durchgeführt haben, erfolgte diese einheitliche Festlegung eines Messpunktes als Kanalausgang. Im Gegensatz dazu wurden in anderen digitalen Untersuchungen verschiedene Punkte für die Abstandsmessungen benutzt (Raschke et al., 2013; Dagistan et al., 2016). Für den Abstand zwischen Kanalausgang und dem Margo orbitalis inferior wurde dabei häufig der am weitesten superior gelegene Punkt des Foramen infraorbitale verwendet, während der Abstand des Kanalausgangs zur Mediansagittalebene mithilfe des am weitesten medial gelegenen Punktes des Foramen infraorbitale bestimmt wurde. Diese Festlegung der Messpunkte ist eine Erklärung für die kleineren Werte von Dagistan et al. (2016), verglichen mit der vorliegenden Untersuchung. So ermittelten Dagistan et al. (2016) für den Abstand des Foramen infraorbitale zum Margo orbitalis inferior einen Wert von 5,63 mm, während wir für diesen Abstand Werte zwischen 6,5 mm und 7,8 mm ermitteln konnten.

Die Festlegung der Messpunkte am Kanalausgang wird maßgeblich von der Form des Foramen infraorbitale beeinflusst. Unter Berücksichtigung dieses Zusammenhangs ist daher die Definition eines Messpunktes als Kanalausgang im Sinne einer besseren Reproduzierbarkeit zu bevorzugen. Hinsichtlich der direkten Vermessungen des Canalis infraorbitalis am Schädel ist diesbezüglich ein einheitliches Vorgehen der Autoren zu erkennen.

So wurde in diesen Studien für die Bestimmung der Abstände vom Kanalausgang zur Mediansagittalebene und dem Margo orbitalis inferior immer ausgehend vom Zentrum des Foramen infraorbitale gemessen (Lopes et al., 2009; Ilayperuma et al., 2010; Nneka et al., 2015; Pratibha and Ramesh, 2017).

Darüber hinaus sind die Unterschiede hinsichtlich der erhaltenen Messwerte zwischen den einzelnen Untersuchungen auch auf die unterschiedlichen Populationen zurückzuführen (Ilayperuma et al., 2010). Zur Veranschaulichung dieses Zusammenhangs wurden die Werte unserer Untersuchungen, sowie die Ergebnisse anderer Studien in eine Weltkarte eingetragen (Abb. 38).

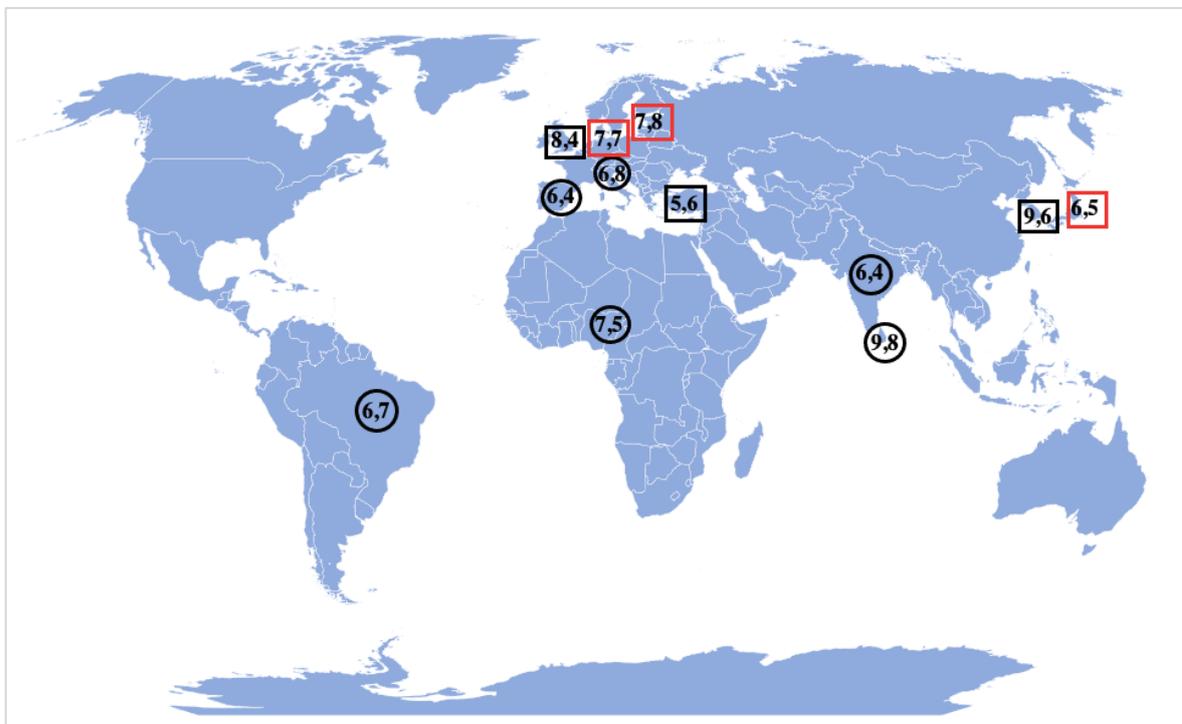


Abb. 38 Weltkarte zur Darstellung verschiedener Ergebnisse von Abstandsmessungen (in mm) des Foramen infraorbitale zum Margo orbitalis inferior in Abhängigkeit der untersuchten Populationen. Der Rahmen des jeweiligen Wertes gibt an, ob die Vermessung direkt am Schädel (Kreis) oder digital anhand von CT – Schnittbildern (Viereck) durchgeführt wurde. Die Ergebnisse der Studien anderer Autoren sind schwarz umrandet, während die Werte der vorliegenden Untersuchung rot gekennzeichnet sind. Bildquelle: PowerPoint Vers. 16.42; unterstützt von Bing; ©GeoNames, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia; 13.11.2020

Hinsichtlich bestehender Populationsunterschiede konnte in unserer Untersuchung festgestellt werden, dass sich der Kanalausgang bei der Population aus Kyoto näher am Margo orbitalis inferior befand, als bei den Populationen aus Litauen und Jena. Während Raschke et al. (2013) bei der Untersuchung britischer Probanden für den Abstand von Kanalausgang zum Margo orbitalis inferior einen Wert von 8,61 mm ermittelten, konnten Hwang et al. (2013) bei Patienten südkoreanischer Herkunft für diesen Abstand einen Wert von 9,6 mm ermitteln. Hinsichtlich des Abstandes von Kanalausgang zur Medianebene war in unserer Untersuchung jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Populationen erkennbar. Bezogen auf diesen Abstand konnten für eine spanische und eine deutsche Population ähnliche Werte ermittelt werden (Stubbe, 1976; Cutright et al., 1991). Im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ermittelten Ilayperuma et al. (2010) bei der Untersuchung einer Population aus Sri Lanka hingegen signifikant höhere Werte für den Abstand des Foramen infraorbitale zur Mediansagittalebene. So gaben Ilayperuma et al (2010) für diesen Abstand Werte von 30,69 mm für Männer und 28,4 mm für Frauen an. In unserer Untersuchung konnten dabei unabhängig vom Geschlecht Werte zwischen 25,1 mm und 25,4 mm gemessen werden (Tab. 20). Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied ist die Schädelgröße. So wird in diesem Zusammenhang von einem größeren Gesichtsschädelvolumen für die Population aus Sri Lanka im Vergleich zu indischen oder türkischen Populationen berichtet (Ilayperuma et al., 2011).

Als weitere Gründe für die unterschiedliche Position des Foramen infraorbitale beim Menschen werden in der Literatur neben ethnischen Unterschieden auch Dentition und Ernährung genannt (Cutright et al., 1991; Chung et al., 1995; Ongeti et al., 2008). Auch die in unserer Studie untersuchten Populationen sind durch eine unterschiedliche Ernährung charakterisiert. Die Nahrung der archäologischen Populationen aus Litauen und Jena basierte auf den Erzeugnissen der vorindustriellen Landwirtschaft, insbesondere dem Anbau verschiedener Getreidearten, wie Roggen, Hirse oder Weizen (Hunt et al., 1999). Diese wurden grob gemahlen und unter anderem zu Brot verarbeitet, welches als Hauptnahrungsmittel mittelalterlicher Populationen beschrieben wird (Woolgar et al., 2006).

Durch die moderne Landwirtschaft ist der Verarbeitungsgrad der Ernährung der rezenten Population aus Kyoto hingegen deutlich höher einzuschätzen. Die wichtigsten Bestandteile der japanischen Ernährung sind gekochter Reis, Sojaprodukte, sowie gekochtes Gemüse (Cwiertka, 2006). Kasai et al. (1993) ermittelten bei Untersuchungen von Schädeln einer modernen japanischen Population signifikant kleinere Werte für die Länge und Höhe des Gesichtsschädels im Vergleich zu Schädeln von Ureinwohnern Australiens, die überwiegend als Jäger und Sammler lebten. Die Autoren begründen diese Unterschiede der Schädelmorphologie insbesondere mit der Konsistenz der Ernährung und der damit verursachten Kraftverteilung beim Kauen. Auch in unserer Untersuchung konnten für die japanischen Schädel kleinere Schädelmaße und ein geringeres Gesichtsschädelvolumen ermittelt werden, als für die Populationen aus Litauen und Jena. Weiterhin konnten für die Population aus Kyoto geringere Abstände des orbitalen Eingangs und des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis zum Margo orbitalis inferior und der Mediansagittalebene gemessen werden. Ein Einfluss der Nutrition auf die Position des Canalis infraorbitalis kann daher anhand unserer Untersuchungsergebnisse nicht ausgeschlossen werden.

Tab. 23 Darstellung der Ergebnisse ausgewählter Studien über den Abstand des Foramen infraorbitale zum Margo orbitalis inferior zur Mediansagittalebene. Angaben in mm

Studie	Population	Methode	n	Abstand zum Margo orbitalis inferior in mm $\bar{x} \pm SD$	Abstand zur Medianebene in mm $\bar{x} \pm SD$
Pratibha and Ramesh ^a (2017)	Indien	direkte Vermessung	100	6,45(r) ;6,31(l) m 6,22(r); 6,61(l) f	
Dagistan et al. ^b (2016)	Türkei	DVT	250	5,63±1,77	25,1± 2,17
Nneka et al. ^a (2015)	Nigeria	direkte Vermessung	200	7,46±0,18 m 5,72±0,84 f	
Hwang et al. ^b (2013)	Südkorea	CT	200	9,6±1,7	26,5±1,9
Raschke et al. ^b (2013)	Großbritannien	CT	44	8,61± 0,64 m 8,25± 0,54 f	
Ilayperuma et al. ^a (2010)	Sri Lanka	direkte Vermessung	216	10,56 ± 1,74 m 9,02 ± 1,58 f	30,69 ±3,43 m 28,40 ± 2,82 f
Lopes et al. ^a (2009)	Brasilien	direkte Vermessung	198	6,57±1,70 (r) 6,76±1,64 (l)	
Cutright et al. ^a (2003)	Spanien	direkte Vermessung	80	6,4	27,00
Stubbe ^a (1976)	Deutschland	direkte Vermessung		6,86 (r) 6,72 (l)	25,25
Eigene Untersuchung	Litauen	CT	44	7,8±2,12 (r)	25,4±2,7 (r)
	Jena		9	7,7±2,06 (r)	25,3±2,1 (r)
	Kyoto		8	6,5±1,57 (r)	25,2±3,3 (r)

n Anzahl; \bar{x} Mittelwert; SD Standardabweichung; (r) Abstand zum Orbitaunterrand bzw. der Mediansagittalebene des rechten Foramen infraorbitale; (l) Abstand zum Orbitaunterrand bzw. der Mediansagittalebene des linken Foramen infraorbitale; m männlich; f weiblich;

^a Untersuchung an Schädeln; ^b Untersuchung an Probanden

Typisierung des Canalis infraorbitalis

Anhand der Verlaufsrichtung des Canalis infraorbitalis im Frontalschnitt konnte von uns eine Einteilung des Kanals in zwei verschiedene Typen vorgenommen werden (s. Kap.3.). Dabei konnte festgestellt werden, dass der Kanal entweder von kranio-lateral nach kaudomedial verlief (Typ 1), oder von kranio-medial nach kaudolateral (Typ 2). Unter Berücksichtigung aller untersuchten Populationen zeigte sich, dass Typ 1 mit einer Häufigkeit von 72% (rechte Seite) bzw. 81% (linke Seite) deutlich häufiger zu beobachten war, als Typ 2. Im Gegensatz dazu stellte Hassmann (1975) bei allen Schädeln seines Untersuchungsmaterials einen Verlauf von lateral nach medial fest. Bezogen auf die in unserer Studie durchgeführte Typisierung beobachtete der Autor also ausschließlich Typ 1 – Kanalverläufe. Hassmann (1975) untersuchte jedoch nur Schädel einer deutschen Population, während wir drei verschiedene Populationen miteinander verglichen haben. Bei Betrachtung des Kanalverlaufs innerhalb der einzelnen Populationen zeigte sich, dass ein Großteil der Typ – 2 Präparate bei den litauischen Schädeln festgestellt wurde. Bei der Population aus Jena konnte kein Typ – 2 Kanalverlauf beobachtet werden und die Population aus Kyoto wies einen Typ – 2 Kanalverlauf auf. Anhand unserer Untersuchung ist demnach ein Einfluss der Population auf den Kanalverlauf denkbar. Schließlich ist auch die unterschiedliche Schädelanzahl der von uns miteinander verglichenen Populationen zu berücksichtigen. So wurden mit Ausnahme eines Typ – 2 Präparates innerhalb der Population aus Kyoto, alle Typ – 2 Verläufe bei Schädeln der litauischen Population festgestellt.

5.2. Länge des Canalis infraorbitalis

Zahlreiche Studien befassten sich mit Längenmessungen des Canalis infraorbitalis. Die Ergebnisse dieser Studien weisen jedoch eine erhebliche Schwankungsbreite auf. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich bei den Messwerten um tatsächliche oder projektivische Längen handelt. Während bei Untersuchungen am Schädel die Länge des Canalis infraorbitalis direkt mittels einer Messsonde bestimmbar ist, ist bei der digitalen Vermessung dreidimensionaler Daten ein anderes Vorgehen notwendig. Dabei wurden in unserer Untersuchung durch Verbinden der definierten Punkte OE und FA lineare Maße zur Bestimmung der Länge des Canalis infraorbitalis verwendet (s. Kap. 3). Da diese Punkte in unterschiedlichen Schnittebenen liegen, handelte es sich bei unseren Längenmaßen daher um projektivische Kanallängen (Scheffler und Schüler, 2013).

Przygocka et al. (2013) konnten durch eine direkte Vermessung mittels Messsonde einen Wert von 14,23 mm für den rechten Canalis infraorbitalis ermitteln. Im Gegensatz dazu nutzten Hwang et al. (2013) bei ihren radiologischen Untersuchungen eine 3D – Rekonstruktion der Schädel für die Längenmessung des Kanals und ermittelten für den Canalis infraorbitalis eine Länge von 11,7 mm. Bei der Untersuchung sagittaler DVT – Schichtaufnahmen von Probanden konnten Fontolliet et al. (2019) hingegen signifikant höhere Werte für die Länge des Canalis infraorbitalis bestimmen. Die Länge des Kanals wurde von diesen Autoren als Abstand zwischen dem am weitesten inferior gelegenen Punkt des Foramen infraorbitale und dem Beginn des Sulcus infraorbitalis definiert. Dabei konnten Fontolliet et al. (2019) für diesen Abstand einen Wert von 25,2 mm bei den männlichen Probanden messen. Die Ergebnisse der Längen des Canalis infraorbitalis anderer Studien sind unseren Untersuchungsergebnissen für die projektivischen Längen in Tabelle 21 gegenübergestellt. Scheffler und Schüller (2013) weisen darauf hin, dass projektivische Maße in der Regel durch kleinere Messwerte gekennzeichnet sind, als die entsprechenden direkten Maße. Das entspricht auch der Situation der Messungen am Canalis infraorbitalis: auch in unserer Untersuchung wurden im Vergleich zu den tatsächlichen Längen des Kanals anderer Studien geringere Werte für die projektivische Kanallänge ermittelt.

Weiterhin ist bei der Interpretation der Ergebnisse unterschiedlicher Studien die Herkunft des verwendeten Untersuchungsmaterials zu berücksichtigen. Während Nguyen et al. (2016) bei der Untersuchung von Patienten aus den Vereinigten Staaten eine Kanallänge von 23,5 mm ermittelten, konnten Nam et al. (2017) bei einer koreanischen Population eine Länge von 12,9 mm für den Canalis infraorbitalis ermitteln. In unserer Untersuchung zeigte sich, dass die Population aus Litauen mit einer Länge von 6,95 mm einen signifikant kürzeren Kanal aufwies, als die Populationen aus Jena und Kyoto (Tab. 24). Es ist zu vermuten, dass die Schädelgröße eine mögliche Ursache für die bestehenden Populationsunterschiede darstellt (s. Kap. 5.4.). Um die Längenmessungen des Canalis infraorbitalis der verschiedenen Populationen besser vergleichen zu können, haben wir die relative Kanallänge ermittelt, die das Verhältnis der projektivischen Länge des rechten Canalis infraorbitalis zur Gesichtsschädellänge beschreibt (s. Kap. 3.).

Dabei wies die Population aus Kyoto trotz kleiner Schädelgröße den längsten Canalis infraorbitalis auf. Dementsprechend konnten für diese Population signifikant höhere Werte für die relative Kanallänge ermittelt werden, als für die Population aus Litauen und Jena. Dies deutet darauf hin, dass neben der Schädelgröße auch andere Faktoren, wie anatomische Nachbarstrukturen, Klima oder Nutrition die Länge des Canalis infraorbitalis beeinflussen können (s. Kap. 5.5.)

Tab. 24 Übersicht über verschiedene Studien und deren Ergebnisse hinsichtlich der Länge des Canalis infraorbitalis. Länge in mm

Studie	Population	Methode	n	$\bar{x} \pm SD$
Fontolliet et al. ^b (2019)	Schweiz	DVT	127	25,2±3,0 m 23,7±2,6 f
Nam et al. ^a (2017)	Süd-Korea	direkte Vermessung	40	12,86±3,79
Nguyen et al. ^a (2016)	USA	direkte Vermessung	20	23,5±9,4 m 10,6±7,6 f
Przygocka et al. ^a (2013)	Polen	direkte Vermessung	70	14,23±4,68(r) 13,71±4,62(l)
Hwang et al. ^b (2013)	Süd-Korea	CT	200	11,7±1,9
Eigene Untersuchung	Litauen	CT	44	6,95±3,32 (r)
	Jena		9	9,07±2,65 (r)
	Kyoto		8	9,81±3,74 (r)

\bar{x} Mittelwert; SD-Standardabweichung; (r) Länge des rechten Canalis infraorbitalis; (l) Länge des linken Canalis infraorbitalis; m männlich; f weiblich; ^aUntersuchung an Schädeln;

^bUntersuchung an Probanden

5.3. Einfluss von Orbita und Sinus maxillaris auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis

Aufgrund der topografischen Lagebeziehungen ist zu vermuten, dass die Morphologie des Canalis infraorbitalis unter anderem durch die Größe der Orbita beeinflusst wird. Dennoch ist der Einfluss der Orbita auf die Ausrichtung und Länge des Canalis infraorbitalis in der Literatur bislang wenig untersucht worden. In diesem Zusammenhang beobachteten Sinanoglu et al. (2016) bei der Vermessung von DVT – Schichtaufnahmen türkischer Patienten, dass die Position des Foramen infraorbitale bei einer Größenzunahme der Orbita unverändert blieb. Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen unserer Untersuchung. Anhand von Korrelationsanalysen konnte gezeigt werden, dass ein vergrößertes Orbitavolumen mit einem vergrößerten Abstand zwischen orbitalem Eingang bzw. facialem Ausgang und dem Margo orbitalis inferior sowie der Medianebene assoziiert ist. In Bezug auf die Länge und den Verlaufstypus des Canalis infraorbitalis ließ sich dieser Zusammenhang jedoch nicht bestätigen.

Die Nachbarschaftsbeziehungen von Canalis infraorbitalis und Sinus maxillaris waren bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen (FERENCE et al., 2015; YENIGUM et al., 2015; LANTOS et al., 2016; HAGHNEGHAHDAR et al., 2018; FONTOLLIERT et al., 2019). Dabei konnte gezeigt werden, dass der Kanal sowohl im Lumen als auch im Dach des Sinus maxillaris verlaufen kann. Demgegenüber sind die Größenbeziehungen zwischen Sinus maxillaris und Canalis infraorbitalis bisher nicht ausreichend verstanden. KAZKAYASI et al. (2003) berichten in diesem Zusammenhang von einem Einfluss der Größe des Sinus maxillaris auf die Position des Foramen infraorbitale. Dies kann durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Zwischen dem Volumen des Sinus maxillaris und der Position des Kanaleingangs sowie Ausgangs konnten wir einige positive Korrelationen feststellen. Dies traf insbesondere auf die erhobenen Höhenmaße zu. Dabei zeigte sich, dass eine Volumenzunahme des Sinus maxillaris mit einer vergrößerten Distanz zwischen dem Ausgang des Canalis infraorbitalis und dem Margo orbitalis inferior assoziiert war. Insbesondere anhand der Population aus Kyoto lässt sich dieser Zusammenhang verdeutlichen. Bei den kleinsten ermittelten Volumina für die Kieferhöhle war die Distanz vom Foramen infraorbitale zum Margo orbitalis inferior bei den japanischen Schädeln signifikant geringer als bei den anderen Populationen. Da der Kanal in mehr als 50% der Fälle innerhalb des Lumens des Sinus maxillaris, in knöcherner Verbindung zum Orbitaboden verläuft, war dieses Ergebnis zu erwarten (YENIGUM et al., 2015).

Da der Canalis infraorbitalis im Grenzbereich von Sinus maxillaris und Orbita lokalisiert ist, war es ein besonderes Anliegen dieser Arbeit aufzuzeigen, inwiefern die Größenbeziehungen von Sinus maxillaris und Orbita zueinander die Verlaufsrichtung des Kanals beeinflusst. Vor dem Hintergrund, dass das Dach des Sinus maxillaris durch den Orbitaboden gebildet wird, hat das Größenwachstum der Orbita einen nicht zu vernachlässigen Einfluss auf die Morphologie des Sinus maxillaris (Smith et al., 2005). Um die Größenbeziehungen zwischen Orbita und Sinus maxillaris zu verstehen, bestimmten wir den Index I_R , der das Größenverhältnis von Orbita und Sinus maxillaris beschreibt (s. Kap. 3.). Dabei zeigte sich, dass der Sinus maxillaris im Verhältnis zur Orbita bei der Population aus Kyoto signifikant kleiner war, als bei den Populationen aus Litauen und Jena. Dennoch verlief der Canalis infraorbitalis bei den japanischen Schädeln hauptsächlich von kranio-lateral nach kaudomedial (Typ – 1). Lediglich ein Präparat dieser Population wies einen Verlauf von kranio-medial nach kaudolateral (Typ – 2) auf. Obgleich die Populationen aus Litauen und Jena ein ähnliches Verhältnis von Orbita und Sinus maxillaris aufwiesen, ließen sich bei den Schädeln aus Jena ausschließlich Typ – 1 Verläufe beobachten, während bei den litauischen Schädeln beide Kanalverläufe festgestellt werden konnten. Ein Einfluss der Größenbeziehungen von Orbita und Sinus maxillaris auf die Verlaufsrichtung des Canalis infraorbitalis ist anhand der vorliegenden Ergebnisse daher nicht nachweisbar.

5.4. Einordnung des Canalis infraorbitalis in den Gesichtsschädel

Um zu prüfen, inwiefern die Morphologie des Canalis infraorbitalis durch die Größe des Gesichtsschädels beeinflusst wird, haben wir in unserer Untersuchung Korrelationsanalysen zwischen externen Schädelmaßen sowie Maßen des Kanals durchgeführt. Diesbezüglich konnte festgestellt werden, dass zwischen der Größe des Schädels und der Position des Canalis infraorbitalis ein signifikanter Zusammenhang besteht. Insbesondere zwischen dem Abstand des fazialen Kanalausgangs zum Margo orbitalis inferior und dem Gesichtsschädelvolumen konnten dabei positive Korrelationen beobachtet werden. Die Korrelationsanalysen zwischen Schädelmaßen und der projektivischen Länge des Canalis infraorbitalis zeigten hingegen keine statistische Signifikanz.

Verschiedene Autoren berichten, dass Form und Größe des Gesichtsschädels einen Einfluss auf die Morphologie der Regio orbitalis haben (Nitek et al., 2008; Kumar and Nagar, 2014; Orish and Ibeachu, 2016). Orish and Ibeachu (2016) beobachteten bei nigerianischen Schädeln, dass eine schmale und lange Orbita mit einem schmalen Mittelgesicht einhergeht. Dies wurde auch von Nitek et al. (2008) bei Untersuchungen einer polnischen, mittelalterlichen Population festgestellt. Weiterhin beobachteten die Autoren positive Korrelationen zwischen dem Abstand des Foramen infraorbitale zum Margo orbitalis inferior und der Höhe des Gesichtsschädels.

Auch in unserer Untersuchung konnte festgestellt werden, dass zwischen der Obergesichtshöhe und dem Abstand von fazialem Kanalausgang und dem Margo orbitalis inferior ein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht. Kumar and Nagar (2014) konnten nachweisen, dass die Höhe und Breite der Orbita mit horizontalen und vertikalen Schädelmaßen korreliert. Bezogen auf den Canalis infraorbitalis lässt sich in unserer Studie ein ähnlicher Zusammenhang beobachten. Dabei konnten Korrelationen zwischen den ermittelten Höhenmaßen des Canalis infraorbitalis und den Längenmaßen des Schädels beobachtet werden. Demgegenüber korrelierten die Abstände von orbitalem Eingang und fazialem Ausgang zur Mediansagittalebene vor allem mit Breitenmaßen des Schädels, wie der Jochbogenbreite oder der Interorbitalbreite.

In Bezug zu den externen Schädelmaßen ließen sich anhand unserer Ergebnisse auch Populationsunterschiede beobachten. Dabei zeigte sich, dass sich die Populationen hinsichtlich der Proportionen des Gesichtsschädels unterschieden. So wiesen die japanischen Schädel signifikant niedrigere Werte für verschiedene Längen – und Höhenmaße auf, während die Breitenmaße bei den Schädeln aus Kyoto größer waren, als bei den Populationen aus Litauen und Jena (s. Kap. 4). Darüber hinaus konnte bei der Population aus Kyoto ein vergleichsweise geringer Abstand zwischen dem fazialen Kanalausgang und dem Margo orbitalis inferior beobachtet werden, während sich die Abstände von orbitalem Eingang und fazialem Ausgang zur Mediansagittalebene nicht zu den anderen Populationen unterschieden. Dies verdeutlicht den Einfluss der Breite und Länge des Schädels auf die Position des Canalis infraorbitalis.

Unterschiede zwischen den Populationen konnten auch in Bezug auf die Regressionsanalyse festgestellt werden. So befanden sich die Werte der Populationen aus Litauen und Jena im Streudiagramm meistens zentral, in unmittelbarer Nähe der Regressionsgeraden. Demgegenüber lagen die Werte der Population aus Kyoto im Streudiagramm näher an der y – Achse und weiter von der Regressionsgeraden entfernt. Bezogen auf den Canalis infraorbitalis lässt sich bei dieser Population im Streudiagramm eine höhere Schwankungsbreite bei der überwiegenden Anzahl der Maße erkennen.

5.5. Einfluss epigenetischer Faktoren auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis

Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse dieser Studie ist festzustellen, dass die Morphologie des Canalis infraorbitalis ganz offensichtlich dem Einfluss verschiedener Faktoren unterliegt. Eine Auswahl möglicher Faktoren ist in Abbildung 39 zusammengestellt. Da die Populationen dieser Studie sowohl geografisch als auch zeitlich getrennt voneinander beheimatet waren, soll nachfolgend auch der Einfluss von Nutrition und Klima auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis näher betrachtet werden.

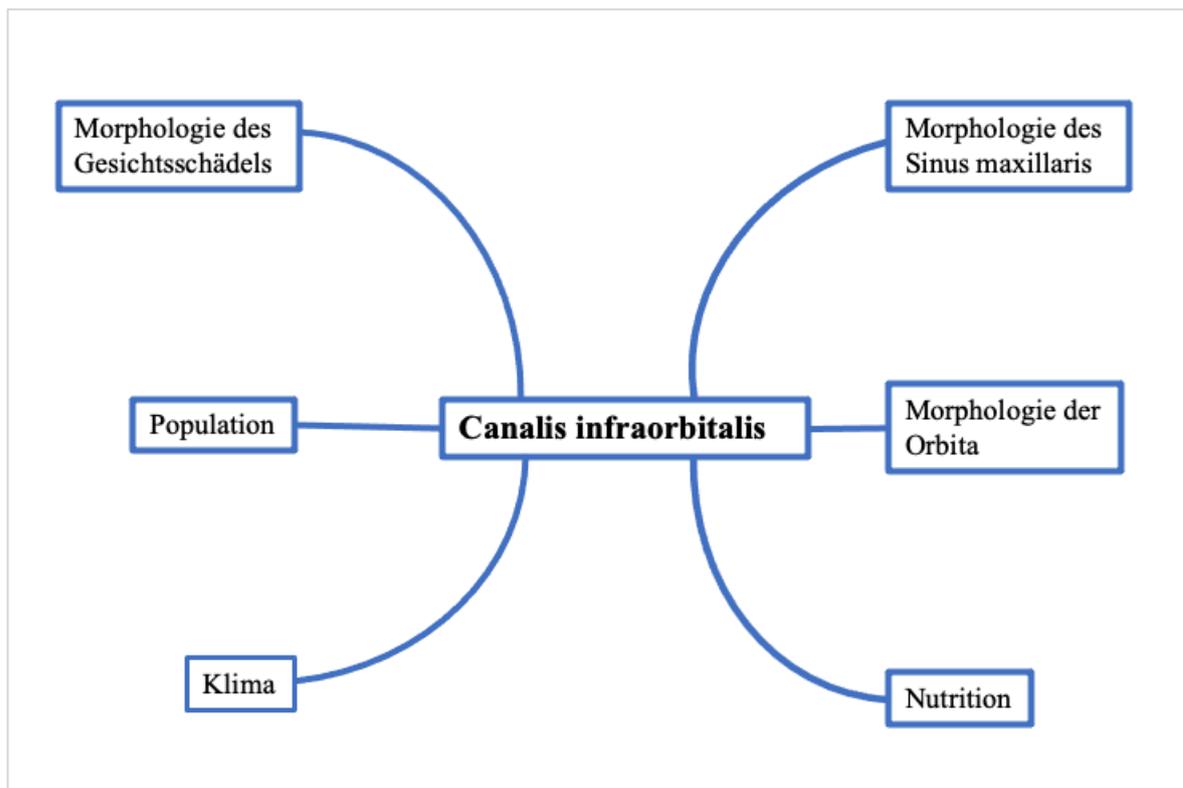


Abb. 39 Mögliche Faktoren, welche die Morphologie des Canalis infraorbitalis beeinflussen

Zum Einfluss des Klimas auf die Kanalmorphologie

Es existieren in der Literatur verschiedene Untersuchungen, die den Einfluss des Klimas auf die Schädelmorphologie diskutieren (s. Kap. 2). Diesbezüglich beobachtete Roseman (2004), dass Populationen, die in kälteren Regionen beheimatet sind, größere Schädel aufweisen, als Populationen aus wärmeren Gebieten. Auch in unserer Untersuchung konnten wir für die Population aus Kyoto ein signifikant kleineres Gesichtsschädelvolumen nachweisen, als für die Populationen aus Litauen und Jena. Dabei waren Letztere einer etwa 10 Grad kälteren Jahresdurchschnittstemperatur ausgesetzt, als die japanische Population. In diesem Zusammenhang ist es von Interesse, dass das Klima auch einen Einfluss auf die Morphologie und Größe des Sinus maxillaris hat (Shea, 1977; Bärenklau, 2016). So berichtet bereits Shea (1977), dass Populationen aus kälteren und weiter nördlich gelegenen Regionen einen kleineren Sinus maxillaris aufweisen. Im Gegensatz dazu, ermittelten wir für die Populationen aus Litauen und Jena im Vergleich zur japanischen Population signifikant kleinere Volumina für den Sinus maxillaris.

Darüber hinaus konnten wir zeigen, dass Korrelationen zwischen der Größe des Sinus maxillaris und der Position des orbitalen Eingangs sowie des fazialen Ausgangs des Canalis infraorbitalis bestehen. Ein Einfluss des Klimas auf die Position des Canalis infraorbitalis kann daher anhand unserer Untersuchung nicht ausgeschlossen werden. In der Literatur ist der Einfluss des Klimas auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis bislang wenig untersucht. Anhand von Untersuchungen am Rotfuchs stellte Churcher (1959) diesbezüglich einen Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Durchmesser des Foramen infraorbitale fest. So konnten in einer kälteren Umgebung vergrößerte Foramina beobachtet werden. Churcher (1959) begründete dies mit einem erhöhten Durchmesser der A. infraorbitalis zur Erwärmung des Gesichts. Kazkayasi et al. (2001) beobachteten beim Menschen, dass ein vergrößertes Foramen infraorbitale mit einem längeren Canalis infraorbitalis einhergeht. Bezogen auf unsere Untersuchung bestand daher zunächst die Annahme, dass die Populationen aus Litauen und Jena einen längeren Canalis infraorbitalis aufweisen, als die Population aus Kyoto. Entgegen unserer Erwartung konnten wir jedoch bei den japanischen Schädeln einen längeren Canalis infraorbitalis beobachten. Darüber hinaus waren die Unterschiede hinsichtlich der projektivischen Kanallängen zwischen den Populationen nicht signifikant. Somit kann anhand unserer Untersuchung kein Einfluss des Klimas auf die Länge des Canalis infraorbitalis nachgewiesen werden.

Zum Einfluss der Nutrition auf die Kanalmorphologie

Untersuchungen an nicht – menschlichen Primaten haben gezeigt, dass die Morphologie des Foramen infraorbitale auch durch bestimmte Ernährungsweisen beeinflusst werden kann (Muchlinski, 2008). Kandel et al. (2000) berichten, dass die Größe des Durchmessers eines Nerven mit der Anzahl an Rezeptoren des von ihm innervierten Gebietes korreliert. Viele Tiere benötigen für die Selektion der Nahrung eine hohe Taktilität der Gesichtsregion. Diesbezüglich beobachten Muchlinski et al. (2010) bei verschiedenen Primaten in Abhängigkeit von der Ernährungsweise Größenunterschiede bezüglich des Foramen infraorbitale. Demgegenüber ist die Mechanorezeption im Bereich des Mittelgesichts in Hinblick auf die Ernährung beim Menschen vermutlich nur von untergeordneter Bedeutung. Weit wichtiger scheint die Konsistenz der Nutrition und die damit einhergehende Kaudruckbelastung zu sein.

Mitte des 20. Jahrhunderts bestand die Ernährung in Japan vorwiegend aus gekochtem Reis und Gemüse (Matsumura, 2008). Während die Nahrung der Menschen des frühen Mittelalters zwischen 6000 und 9000 Kalorien pro Tag enthielt (Rouche, 1987), berichtet Steckel (2001) von einem geringen Proteingehalt in der japanischen Ernährung anfangs des 20. Jahrhunderts. Steckel (2001) erklärt damit die geringere Körpergröße der Japaner im Vergleich zu den Einwohnern anderer Industriestaaten dieser Zeit. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass aufgrund von technischen Weiterentwicklungen der modernen Landwirtschaft der Verarbeitungsgrad der Ernährung bei der japanischen Population signifikant höher war, als bei den anderen Populationen. Es konnte gezeigt werden, dass eine weichere Konsistenz der Nahrung zu einer verringerten Muskelaktivität der Kaumuskelatur führt und das mandibuläre bzw. maxilläre Wachstum beeinflusst (Lieberman, 2004). Die von der Kaumuskelatur generierten Kräfte werden durch Kaudruckpfeiler auf die Schädelkapsel fortgeleitet (Schumacher, 1984). Einer dieser Pfeiler ist der Stirn – Nasen – Pfeiler, der den Kaudruck der Schneide – und Eckzahnregion über den Processus frontalis der Maxilla ableitet. Die fortgeleitete mechanische Belastung während des Kauvorgangs kann ein bone remodelling auch in der Regio orbitalis zur Folge haben (Wolff, 1892). Dementsprechend ist der Kaudruck als weitere Erklärung für die beschriebenen Unterschiede zwischen der japanischen Population und den Populationen aus Litauen und Jena bezüglich der Position und Länge des Canalis infraorbitalis denkbar.

5.6. Schlussfolgerungen

Bezugnehmend auf die Zielstellungen dieser Arbeit kommen wir zu folgenden Schlussfolgerungen:

1. In dieser Studie wurde mittels Abstandsmessungen zwischen orbitalem Eingang (OE) und facialem Ausgang (FA) des Canalis infraorbitalis sowie definierten anatomischen Punkten und Ebenen die Ausrichtung des Kanals untersucht. Bezogen auf die Abstände von OE und FA zur Mediansagittalebene zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei untersuchten Populationen. Nur für den Abstand vom linken Kanalausgang zur Mediansagittalebene konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Populationen aus Litauen und Jena ermittelt werden. So war dieser Abstand bei den Schädeln aus Jena signifikant kleiner als bei den litauischen Schädeln. Hinsichtlich der ermittelten Abstände des Canalis infraorbitalis zum Margo orbitalis inferior (Höhenmaße) konnten zwischen den drei Populationen statistisch signifikante Unterschiede herausgearbeitet werden. So zeigte sich, dass der Abstand von FA zum Margo orbitalis inferior bei der japanischen Population signifikant kleiner war, als bei den Populationen aus Litauen und Jena.

2. Die Länge des Canalis infraorbitalis lässt sich mithilfe projektivischer Längenmaße in Bezug auf die Frontal-, Sagittal- und Transversalebene sehr gut beschreiben. Die Untersuchungen zeigten, dass die projektivischen Längen des Canalis infraorbitalis in der Sagittalansicht bei allen drei Populationen größere Werte aufwiesen, als die projektivischen Längen in der Frontalebene bzw. Transversalebene. Bezogen auf die ermittelten projektivischen Längenmaße des Canalis infraorbitalis beim Menschen, ließen sich Unterschiede zwischen den Populationen nachweisen. So zeigten sich bei der Population aus Litauen für alle projektivischen Längen die kleinsten Werte, während die japanischen Schädel den längsten Canalis infraorbitalis aufwiesen. Unter Berücksichtigung des Gesichtsschädelvolumens, welches bei der japanischen Population signifikant am kleinsten war, ist diese Beobachtung bemerkenswert.

3. Die Unterschiede in den projektivischen Längen in der Frontalebene gestatten eine Typisierung des Canalis infraorbitalis. Anhand des Kanalverlaufs ließ sich eine Einteilung des Canalis infraorbitalis in zwei Kanaltypen vornehmen.

Während der Typ 1 durch einen Verlauf des Kanals von kranio-lateral nach kaudomedial gekennzeichnet ist, liegt beim Typ 2 ein Verlauf von kranio-medial nach kaudolateral vor. Typ 1 stellte mit 72,1% auf der rechten Seite und 80,9% auf der linken Seite die signifikant häufigere Verlaufsform dar. Typ 2 – Verläufe ließen sich hauptsächlich bei der litauischen Population beobachten. Obgleich auch bei der Population aus Kyoto der Typ 1 überwog, konnte in einem Fall ein Typ 2 – Verlauf nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu konnten bei den Schädeln aus Jena ausschließlich Typ – 1 Verläufe des Canalis infraorbitalis beobachtet werden.

4. Um den Einfluss von Orbita und Sinus maxillaris auf den Canalis infraorbitalis zu untersuchen, wurde der Index I_R erhoben, der das Volumen von Sinus maxillaris im Verhältnis zum Volumen der Orbita beschreibt. Den Ergebnissen der vorliegenden Studie zufolge scheint das Größenverhältnis von Orbita und Sinus maxillaris zueinander keinen Einfluss auf den Verlauf des Canalis infraorbitalis zu haben. Dennoch konnten mittels einer Rangkorrelationsanalyse statistisch signifikante Korrelationen zwischen den Volumina von Orbita bzw. Sinus maxillaris mit verschiedenen Maßen des Canalis infraorbitalis nachgewiesen werden. Dabei zeigte sich, dass eine Volumenzunahme von Orbita bzw. Sinus maxillaris mit einem vergrößerten Abstand vom fazialen Kanalausgang des Canalis infraorbitalis zum Margo orbitalis inferior und der Mediansagittalebene assoziiert war.

Darüber hinaus wurden die in dieser Untersuchung ermittelten Werte für Abstandsmessungen und Längenmessungen des Canalis infraorbitalis in Bezug gesetzt zu linearen Maßen des Gesichtsschädels. Dabei konnten signifikante Korrelationen festgestellt werden. Insbesondere die Abstände von OE und FA zur Mediansagittalebene korrelierten statistisch signifikant mit Breitenmaßen des Gesichtsschädels wie der Jochbogenbreite.

5. Kenntnisse über die Lage des Canalis infraorbitalis sind insbesondere in der Mund – Kiefer – und Gesichtschirurgie, der ophthalmologischen Chirurgie und der Radiologie wichtig, um bei Operationen in der Mittelgesichtsregion eine Verletzung des N. infraorbitalis zu vermeiden. In der vorliegenden Arbeit werden dafür detaillierte Angaben zur Ausrichtung, Länge und zum Verlauf des Canalis infraorbitalis beim Menschen geliefert, die auch in der Anthropologie und Forensik von Interesse sein können. Darüber hinaus legen die Ergebnisse dieser Untersuchung nahe, dass die Schädelgröße nicht die einzige Erklärung für eine unterschiedliche Kanalmorphologie bei verschiedenen Populationen ist.

Daher sollte in künftigen Studien der Einfluss weiterer Faktoren wie bestimmte Ernährungsweisen oder verschiedene klimatische Bedingungen auf die Ausrichtung und Länge des Canalis infraorbitalis untersucht werden. Dabei können die Erkenntnisse dieser Arbeit als Grundlage dienen, um diese Zusammenhänge in zukünftigen Untersuchungen besser zu verstehen.

6. Zusammenfassung

Kenntnisse über die Morphologie des Canalis infraorbitalis beim Menschen sind von großer klinischer Bedeutung. Daher sind Vermessungen des Kanals bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Das Studium der zugänglichen Weltliteratur zeigt jedoch, dass sich die meisten Studien zu dieser Thematik nicht mit dem Canalis infraorbitalis selbst, sondern vielmehr mit dem Foramen infraorbitale und seiner Lokalisation an der Facies anterior der Maxilla befassen haben. Abgesehen von Beschreibungen in verschiedenen Textbüchern der Anatomie, gibt es nur wenige Studien, welche sich mit der Variabilität des Canalis infraorbitalis und den Faktoren beschäftigen, die die Verlaufsrichtung des Canalis infraorbitalis beim Menschen beeinflussen. In der vorliegenden Arbeit werden daher unter Berücksichtigung von Populationsunterschieden mögliche Faktoren untersucht, die einen Einfluss auf den Verlauf des Canalis infraorbitalis beim Menschen besitzen. Dabei beschäftigt sich die Arbeit insbesondere mit der morphologischen Beziehung zwischen dem Canalis infraorbitalis und anatomischen Nachbarstrukturen wie Orbita und Sinus maxillaris, sowie externen Schädelmaßen.

Die biometrische Untersuchung des Canalis infraorbitalis erfolgte anhand von CT – Schichtaufnahmen von 65 adulten Schädeln dreier zeitlich und geografisch voneinander getrennten Populationen. Dabei handelte es sich um zwei archäologische Populationen aus Litauen und Jena sowie um eine rezente Population aus Kyoto. Zur Beurteilung der Lage des Canalis infraorbitalis wurden ausgehend vom orbitalen Eingang und fazialen Ausgang des Kanals Abstände zur Mediansagittalebene und dem Margo orbitalis inferior gemessen. Darüber hinaus wurde die projektivische Länge des Kanals im Sagittal -, Transversal – und Frontalschnitt ermittelt. Die Vermessung des Kanals erfolgte mittels der Software RadiAnt DICOM Viewer Vers. 4.6.9 (Medixant, 2011). Um die Ausrichtung des Canalis infraorbitalis zu verdeutlichen, wurde zwischen den projektivischen Längenmaßen und den verschiedenen Ebenen eine Winkelmessung mittels ImageJ Vers. 152 a (Wayne Rasband, NIH, 2018) durchgeführt. Anhand der Verlaufsrichtung im Frontalschnitt wurde schließlich eine Typisierung des Canalis infraorbitalis vorgenommen. Um die Beziehungen des Kanals zu anatomischen Nachbarstrukturen zu untersuchen und eine Einordnung in den Gesichtsschädel vornehmen zu können, erfolgte die Vermessung externer Schädelmaße sowie der Volumina von Orbita und Sinus maxillaris.

Für die erhobenen Messwerte wurde unter Berücksichtigung der Populationen zunächst eine deskriptive Statistik erstellt. Anschließend erfolgte die Untersuchung der Daten auf mögliche Populationsunterschiede mithilfe des Kruskal-Wallis-Test und des Mann-Whitney-Test. Um mögliche Merkmalszusammenhänge zu überprüfen, wurden außerdem Rangkorrelations – und Regressionsanalysen durchgeführt.

Bezüglich der Länge und der Ausrichtung des Canalis infraorbitalis konnten Unterschiede zwischen den Populationen herausgearbeitet werden. Signifikante Populationsunterschiede zeigten sich insbesondere in Bezug auf die Höhenmaße des Kanals, also der vertikalen Abstände seiner fazialen Öffnung zum Margo orbitalis inferior. Dabei wies die Population aus Kyoto im Vergleich zu den Populationen aus Litauen und Jena signifikant kleinere Werte für den Abstand zwischen dem fazialen Ausgang des Canalis infraorbitalis und dem Margo orbitalis inferior auf. Obgleich sich über alle Populationen hinweg signifikante Zusammenhänge zwischen externen Schädelmaßen und den Maßen des Canalis infraorbitalis nachweisen ließen, konnten diesbezüglich auch Populationsunterschiede herausgearbeitet werden. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Schädelgrößen der untersuchten Populationen, konnte gezeigt werden, dass die Population aus Kyoto die größten Werte für die projektivischen Kanallängen aufwies. Dies deutet darauf hin, dass neben der Schädelgröße auch andere Faktoren Einfluss auf den Canalis infraorbitalis besitzen. Anhand von Korrelationsanalysen konnte festgestellt werden, dass auch die Größe der Orbita und des Sinus maxillaris einen signifikanten Einfluss auf die Morphologie des Canalis infraorbitalis haben.

Unter Berücksichtigung aller Populationen konnte eine Einteilung des Canalis infraorbitalis in zwei Typen vorgenommen werden. Dabei verlief der Kanal im Frontalschnitt entweder von kranio-lateral nach kaudomedial (Typ 1), oder von kranio-medial nach kaudolateral (Typ 2). Typ 1 trat dabei mit einer Häufigkeit von 76,6% auf, während Typ 2 nur in 23,4% der Fälle beobachtet werden konnte. Darüber hinaus wurde überprüft, ob die Größenbeziehungen von Orbita und Sinus maxillaris einen Einfluss auf die Verlaufsrichtung des Kanals besitzen. Mithilfe eines dafür erstellten Indexes, der das Größenverhältnis von Sinus maxillaris und Orbita zueinander beschreibt, ließ sich dies jedoch nicht nachweisen.

Die vorliegende Arbeit liefert detaillierte Angaben zu Ausrichtung, Länge und Verlauf des Canalis infraorbitalis beim Menschen. Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse dieser Studie, unterliegt die Morphologie des Canalis infraorbitalis dem Einfluss verschiedener Faktoren. Neben der Schädelgröße, der Größe von Orbita und Sinus maxillaris können auch epigenetische Faktoren wie Klima oder Nutrition einen Einfluss auf die Kanalmorphologie besitzen. Diese Arbeit kann dabei als Grundlage dienen, um diesen Einfluss in künftigen Populationsstudien zu verifizieren. Solche Kenntnisse können schließlich auch für verschiedene klinische Fachgebiete wie der Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie, der ophthalmologischen Chirurgie und der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde von Interesse sein.

7. Literaturverzeichnis

Adam AaD-M, Zhi L, Zu Bing L, Xing WZ (2012) Evaluation of treatment of zygomatic bone and zygomatic arch fractures: a retrospective study of 10 years. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery* 11:171-176

Agthong S, Huanmanop T, Chentanez V (2005) Anatomical variations of the supraorbital, infraorbital, and mental foramina related to gender and side. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 63:800-804

Alt KW (1997) *Odontologische Verwandtschaftsanalyse. Individuelle Charakteristika der Zähne in ihrer Bedeutung für Anthropologie, Archäologie und Rechtsmedizin.* Stuttgart, Gustav Fischer Verlag

Bailey K, Ng JD, Hwang PH, Saulny SM, Holck DE, Rubin PA (2007) Infraorbital nerve surgical decompression for chronic infraorbital nerve hyperesthesia. *Ophthalmic Plastic and Reconstructive Surgery* 23:49-51

Bärenklau M (2016) *Biometrische Untersuchungen zum Einfluss klimatischer Faktoren auf die Morphologie der Nasennebenhöhlen des Menschen.* Med Diss, Universität Greifswald.

Beals KL, Smith CL, Dodd SM (1983) Climate and the evolution of brachycephalization. *American Journal of Physical Anthropology* 62:425-437

Beecher RM, Corruccini RS (1981) Effects of dietary consistency on craniofacial and occlusal development in the rat. *The Angle Orthodontist* 51:61-69

Beigi B, Beigi M, Niyadurupola N, Saldana M, El-Hindy N, Gupta D (2017) Infraorbital nerve decompression for infraorbital neuralgia/causalgia following blowout orbital fractures: A case series. *Craniofacial Trauma and Reconstruction* 10:22-28

Benedikter BM (2005) *Beiträge zur pränatalen Morphogenese des Foramen infraorbitale des Menschen.* Med Diss, Freie Universität Berlin.

Benoliel R, Birenboim R, Regev E, Eliav E (2005) Neurosensory changes in the infraorbital nerve following zygomatic fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 99:657-665

Bergland O, Borchgrevink H (1974) The role of the nasal septum in midfacial growth in man elucidated by the maxillary development in certain types of facial clefts: A preliminary report. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery* 8:42-48

Bollobas E (1984) Fissures, canals and syndesmoses in the fetal maxilla. *Acta Morphologica Hungarica* 32:231-243

Boopathi S, Chakravarthy Marx S, Dhalapathy S, Anupa S (2010) Anthropometric analysis of the infraorbital foramen in a South Indian population. *Singapore Medical Journal* 51:730-732

Bos R, Jansma J, Vissink A (1997) Fractures of the midface. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde* 104:440-443

Braun I (2008) *Kraniometrische Querschnittsstudie über die transversale Entwicklung vom Säugling bis zum Erwachsenen: Korrelationen zwischen Krania-, Gebiss- und Unterkieferbreite. Med Diss, Universität Marburg.*

Brook I, Wood N (1983) Aetiology and incidence of facial fractures in adults. *International Journal of Oral Surgery* 12:293-298

Carey JW, Steegmann Jr AT (1981) Human nasal protrusion, latitude, and climate. *American Journal of Physical Anthropology* 56:313-319

Chakraborty R, Sen S, Panchbhai A, Bhowate RR, Dupare A (2019) Comparison between conventional radiograph and 3D volumetric radiograph for determining the morphology and morphometry of mental foramen. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology* 31:17-23

Charalampidou M, Kjellberg H, Georgiakaki I, Kiliaridis S (2008) Masseter muscle thickness and mechanical advantage in relation to vertical craniofacial morphology in children. *Acta Odontologica Scandinavica* 66:23-30

Chien H-F, Wu CH, Wen CY, Shieh JY (2001) Cadaveric study of blood supply to the lower intraorbital fat: etiologic relevance to the complication of anaerobic cellulitis in orbital floor fracture. *Journal of the Formosan Medical Association* 100:192-197

Chung M, Kim H, Kang H, Chung I (1995) Locational relationship of the supraorbital notch or foramen and infraorbital and mental foramina in Koreans. *Cells Tissues Organs* 154:162-166

Ciochon RL, Nisbett R, Corruccini R (1997) Dietary consistency and craniofacial development related to masticatory function in minipigs. *Journal of Craniofacial Genetics and Developmental Biology* 17:96-102

Cook HE, Rowe M (1990) A retrospective study of 356 midfacial fractures occurring in 225 patients. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 48:574-578

Covington DS, Wainwright DJ, Teichgraber JF, Parks DH (1994) Changing patterns in the epidemiology and treatment of zygoma fractures: 10-year review. *The Journal of Trauma* 37:243-248

Cutright B, Quillopa N, Schubert W (2003) An anthropometric analysis of the key foramina for maxillofacial surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 61:354-357

Cwiertka KJ (2006) *Modern Japanese cuisine: Food, power and national identity*. Islington, Reaction books

Dağistan S, Miloğlu Ö, Altun O, Umar E (2017) Retrospective morphometric analysis of the infraorbital foramen with cone beam computed tomography. *Nigerian Journal of Clinical practice* 20:1053-1064

Dalley AF, Agur AM, Moore K (1999) *Clinically Oriented Anatomy*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins

De Man K, Bax W (1988) The influence of the mode of treatment of zygomatic bone fractures on the healing process of the infraorbital nerve. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 26:419-425

Delaire J, Precious D (1986) Influence of the nasal septum on maxillonasal growth in patients with congenital labiomaxillary cleft. *The Cleft Palate Journal* 23:270-277

Dietze AM (2008) Modellierungs-und Remodellierungsvorgänge bei der pränatalen Morphogenese der Maxilla und des Os palatinum des Menschen unter Berücksichtigung benachbarter Strukturen. Med Diss, Charité - Universitätsmedizin Berlin.

Dixon AD (1953) The early development of the maxilla. *Dental Practitioner* 3:331-336

Drefs M (2012) Biometrische Untersuchungen zum Einfluss klimatischer Faktoren auf die Morphologie der Cavitas nasi beim Menschen. Med Diss, Universität Greifswald.

Eaton SB (2006) The ancestral human diet: what was it and should it be a paradigm for contemporary nutrition? *Proceedings of the Nutrition Society* 65:1-6

Eaton SB (1990) *Dietary fibre perspectives*. London, John Libby

El-Anwar MW, Sweed AH (2018) Infraorbital foramen localization in orbitozygomatic fractures: a CT study with intraoperative finding. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 275:809-813

Elias M, Silva R, Pimentel M, Cardoso V, Rivello T, Babinski M (2004) Morphometric analysis of the infraorbital foramen and accessories foramina in Brazilian skulls. *International Journal of Morphology* 22:273-278

Ellis E, El-Attar A, Moos KF (1985) An analysis of 2,067 cases of zygomatico-orbital fracture. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 43:417-428

Elsheikh E, Nasr WF, Ibrahim AaS (2013) Anatomical variations of infraorbital foramen in dry human adult egyptian skulls, anthropometric measurements and surgical relevance. *Otorhinolaryngology Clinics* 5:125-129

Engström C, Kiliaridis S, Thilander B (1986) The relationship between masticatory function and craniofacial morphology. II A histological study in the growing rat fed a soft diet. *The European Journal of Orthodontics* 8:271-279

Enlow DH, Bang S (1965) Growth and remodeling of the human maxilla. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 51:446-464

Enlow DH, Hans M (1996) Growth of the mandible. *Essentials of facial growth*. Philadelphia, WB Saunders

Evteev AA, Movsesian AA, Grosheva AN (2017) The association between mid-facial morphology and climate in northeast Europe differs from that in north Asia: Implications for understanding the morphology of Late Pleistocene Homo sapiens. *Journal of Human Evolution* 107:36-48

Falkner F, Tanner, Jm (1978) *Human Growth: 2 Postnatal Growth*. New York, Springer Science and Business Media

Fontolliet M, Bornstein MM, Von Arx T (2019) Characteristics and dimensions of the infraorbital canal: a radiographic analysis using cone beam computed tomography (CBCT). *Surgical and Radiologic Anatomy* 41:169-179

Franciscus RG, Long JC (1991) Variation in human nasal height and breadth. *American Journal of Physical Anthropology* 85:419-427

Garn SM, Birdsell JB (1950) *Races: a study of the problems of race formation in man*. Library of Congress Photoduplication Service 25:257-259

Griffin C (1984) Embryology of the central part of the face, closure of palate folds, and the maxillo-septal syndrome. *Australian Dental Journal* 29:15-26

Grymer LF, Bosch C (1997) The nasal septum and the development of the midface. A longitudinal study of a pair of monozygotic twins. *Rhinology* 35:6-10

Grymer LF, Pallisgaard C, Melsen B (1991) The nasal septum in relation to the development of the nasomaxillary complex: a study in identical twins. *The Laryngoscope* 101:863-868

Haghnegahdar A, Khojastepour L, Naderi A (2018) Evaluation of infraorbital canal in cone beam computed tomography of maxillary sinus. *Journal of Dentistry* 19:41-44

Harvati K, Weaver TD (2006) Human cranial anatomy and the differential preservation of population history and climate signatures. *The Anatomical Record* 288:1225-1233

Harvati K, Weaver TD (2006) Reliability of cranial morphology in reconstructing Neanderthal phylogeny. Dordrecht, Springer, pp. 239-254

Hassmann H (1975) Form, Maße und Verläufe der Schädelkanäle: Des Canalis infraorbitalis, Canalis incisivus, Canalis palatinus major, Foramen spinosum und Meatus acusticus internus. Med Diss, Universität Würzburg.

Hauser G, De Stefano GF (1989) *Epigenetic Variants of the Human Skull*. Stuttgart, Schweizerbart

He T, Kiliaridis S (2003) Effects of masticatory muscle function on craniofacial morphology in growing ferrets (*Mustela putorius furo*). *European Journal of Oral Sciences* 111:510-517

Hindy A, Abdel-Raouf F (1993) A study of infraorbital foramen, canal and nerve in adult Egyptians. *Egyptian Dental Journal* 39:573-580

Hu KS, Kwak HH, Song WC, Kang HJ, Kim HC, Fontaine C, Kim HJ (2006) Branching patterns of the infraorbital nerve and topography within the infraorbital space. *Journal of Craniofacial Surgery* 17:1111-1115

Hubbe M, Hanihara T, Harvati K (2009) Climate signatures in the morphological differentiation of worldwide modern human populations. *The Anatomical Record* 292:1720-1733

Hunt ES, Murray J, Murray JM (1999) A history of business in medieval Europe 1200 - 1550. Cambridge, University Press

Hwang SH, Kim SW, Park CS, Kim SW, Cho JH, Kang JM (2013) Morphometric analysis of the infraorbital groove, canal, and foramen on three-dimensional reconstruction of computed tomography scans. *Surgical and Radiologic Anatomy* 35:565-571

Ilayperuma I, Nanayakkara G, Palahepitiya N (2010) Morphometric analysis of the infraorbital foramen in adult Sri Lankan skulls. *International Journal of Morphology* 28:777-782

Jacobson A (1957) Embryological evidence for the non-existence of the premaxilla in man. *The Angle Orthodontist* 27:199-201

Jacquin MF, Hess A, Yang G, Adamo P, Math MF, Brown A, Rhoades RW (1984) Organization of the infraorbital nerve in rat: a quantitative electron microscopic study. *Brain Research* 290:131-135

Jankauskas R (2002) Anthropology of the Iron Age inhabitants of Lithuania. *Ecological Aspects of Past Human Settlements in Europe, Biennial Books of EAA, Vol.2*. Budapest, Eötvös University Press

Jungell P, Lindqvist C (1987) Paraesthesia of the infraorbital nerve following fracture of the zygomatic complex. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 16:363-367

Kadanoff D, Mutafov S, Jordanov J (1970) The principle openings and incisures of the facial bones. *Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch* 115:102-118

Kamburoğlu K, Kolsuz E, Kurt H, Kılıç C, Özen T, Paksoy CS (2011) Accuracy of CBCT measurements of a human skull. *Journal of Digital Imaging* 24:787-793

Kasai K, Richards L, Brown T (1993) Comparative study of craniofacial morphology in Japanese and Australian aboriginal populations. *Human Biology* 65:821-834

Katz DC, Grote MN, Weaver TD (2017) Changes in human skull morphology across the agricultural transition are consistent with softer diets in preindustrial farming groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114:950-955

Kazkayasi M, Ergin A, Ersoy M, Bengi O, Tekdemir I, Elhan A (2001) Certain anatomical relations and the precise morphometry of the infraorbital foramen–canal and groove: an anatomical and cephalometric study. *The Laryngoscope* 111:609-614

Kiliaridis S (1986) Masticatory muscle function and craniofacial morphology. An experimental study in the growing rat fed a soft diet. *Swedish Dental Journal* 36:1-55

Kiliaridis S (1995) Masticatory muscle influence on craniofacial growth. *Acta Odontologica Scandinavica* 53:196-202

Kiliaridis S, Engström C, Thilander B (1985) The relationship between masticatory function and craniofacial morphology: I. A cephalometric longitudinal analysis in the growing rat fed a soft diet. *The European Journal of Orthodontics* 7:273-283

Kiliaridis S, Georgiakaki I, Katsaros C (2003) Masseter muscle thickness and maxillary dental arch width. *The European Journal of Orthodontics* 25:259-263

Kovacs A, Ghahremani M (2001) Minimization of zygomatic complex fracture treatment. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 30:380-383

Kraus BS, Decker JD (1960) The prenatal inter-relationships of the maxilla and premaxilla in the facial development of man. *Cells Tissues and Organs* 40:278-294

Kristensen S, Tveterås K (1986) Zygomatic fractures: classification and complications. *Clinical Otolaryngology and Allied Sciences* 11:123-129

Küker N (2010) Metrischer Vergleich von CT, DVT und konventionellen Röntgentechniken in der MKG-Chirurgie. Med Diss, Universität Hamburg.

Kumar P, Godhi S, Lall AB, Ram C (2012) Evaluation of neurosensory changes in the infraorbital nerve following zygomatic fractures. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery* 11:394-399

Kwon TG, Park HS, Lee SH, Park IS, An CH (2007) Influence of unilateral masseter muscle atrophy on craniofacial morphology in growing rabbits. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 65:1530-1537

Lang J, Von Lanz T (1979) *Praktische Anatomie: ein Lehr-und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen Handelns. Bd. 1: Teil 1, Kopf: B. Gehirn-und Augenschädel.* Berlin, Springer

Latham R (1970) Maxillary development and growth: the septo-premaxillary ligament. *Journal of Anatomy* 107:471-478

Lee UY, Nam SH, Han SH, Choi KN, Kim TJ (2006) Morphological characteristics of the infraorbital foramen and infraorbital canal using three-dimensional models. *Surgical and Radiologic Anatomy* 28:115-120

Lieberman DE, Krovitz GE, Yates FW, Devlin M, Claire MS (2004) Effects of food processing on masticatory strain and craniofacial growth in a retrognathic face. *Journal of Human Evolution* 46:655-677

Lopes P, Pereira G, Santos A, Freitas C, Abreu B, Malafaia A (2017) Morphometric analysis of the infraorbital foramen related to gender and laterality in dry skulls of adult individuals in southern Brazil. *Journal of Morphological Sciences* 26:5-15

Mast G, Ehrenfeld M, Cornelius C (2011) Maxillofacial fractures: midface and internal orbit: Part 1: classification and diagnosis. *Der Unfallchirurg* 114:1007-1017

Matsumura Y (2001) Nutrition trends in Japan. *Asia Pacific Journal of clinical nutrition* 10:40-47

Moore WJ, Lavelle CL (1974) *Growth of the Facial Skeleton in the Hominoidea*. New York, Academic Press

Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG (2007) Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 132:550-560

Mouri T (1990) A comparison of eight macaque species according to four kinds of cranial nerve perforations. *Journal of the Anthropological Society of Nippon* 98:411-423

Nair KB, Paul G (1986) Incidence and aetiology of fractures of the facio-maxillary skeleton in Trivandrum: a retrospective study. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 24:40-43

Nam Y, Bahk S, Eo S (2017) Anatomical study of the infraorbital nerve and surrounding structures for the surgery of orbital floor fractures. *The Journal of Craniofacial Surgery* 28:1099-1104

Nguyen DC, Farber SJ, Um GT, Skolnick GB, Woo AS, Patel P (2016) Anatomical study of the intraosseous pathway of the infraorbital nerve. *The Journal of Craniofacial Surgery* 27:1094-1101

Nneka OC, Chinagoro EP, Anthony OE, Israel GU (2015) Anthropometric Study of Infraorbital Foramen in a Nigerian Population. *European Journal of General Medicine* 12:298-301

Noback ML, Harvati K, Spoor F (2011) Climate-related variation of the human nasal cavity. *American Journal of Physical Anthropology* 145:599-614

Noback ML, Samo E, Van Leeuwen CH, Lynnerup N, Harvati K (2016) Paranasal sinuses: A problematic proxy for climate adaptation in Neanderthals. *Journal of Human Evolution* 97:176-179

Noor M, Ishaq Y, Anwar MA (2017) Frequency of infra-orbital nerve injury after a Zygomaticomaxillary complex fracture and its functional recovery after open reduction and internal fixation. *International Surgery Journal* 4:685-689

Nordgaard JO (1976) Persistent sensory disturbances and diplopia following fractures of the zygoma. *Archives of Otolaryngology* 102:80-82

O'Rahilly R, Gardner E (1972) The initial appearance of ossification in staged human embryos. *American Journal of Anatomy* 134:291-307

Ongeti K, Hassanali J, Ogeng'o J, Saidi H (2008) Biometric features of facial foramina in adult Kenyan skulls. *European Journal of Anatomy* 12:89-95

Paschetta C, De Azevedo S, Castillo L, Martínez-Abadías N, Hernández M, Lieberman DE, González-José R (2010) The influence of masticatory loading on craniofacial morphology: A test case across technological transitions in the Ohio valley. *American Journal of Physical Anthropology* 141:297-314

Peltomaa J, Rihkanen H (2000) Infraorbital nerve recovery after minimally dislocated facial fractures. *European archives of Oto-Rhino-Laryngology* 257:449-452

Polo CL, Abdelkarim AZ, Von Arx T, Lozanoff S (2019) The Morphology of the Infraorbital Nerve and Foramen in the Presence of an Accessory Infraorbital Foramen. *Journal of Craniofacial Surgery* 30:244-253

Przygocka A, Szymański J, Jakubczyk E, Jędrzejewski K, Topol M, Polguy M (2013) Variations in the topography of the infraorbital canal/groove complex: a proposal for classification and its potential usefulness in orbital floor surgery. *Folia Morphologica* 72:311-317

Raadsheer M, Van Eijden T, Van Ginkel F, Prah-Andersen B (1999) Contribution of jaw muscle size and craniofacial morphology to human bite force magnitude. *Journal of Dental Research* 78:31-42

Radlanski R, Emmerich S, Renz H (2004) Prenatal Morphogenesis of the Human Incisive Canal. *Anatomy and Embryology* 208:265-271

Radlanski RJ, Renz H, Müller U, Schneider RS, Marcucio RS, Helms JA (2002) Prenatal Morphogenesis of the Human Mental Foramen. *European Journal of Oral Sciences* 110:452-459

Rae TC, Viðarsdóttir US, Jeffery N, Steegmann Jr AT (2006) Developmental response to cold stress in cranial morphology of *Rattus*: implications for the interpretation of climatic adaptation in fossil hominins. *Proceedings of the Royal Society* 273:2605-2610

Ramesh P, Pratibha G (2017) Morphometric study of infraorbital foramen in dry adult human skulls and maxillas in west bengal region. *Indian Journal of Applied Research* 7:56-58

Raschke R, Hazani R, Yaremchuk MJ (2013) Identifying a safe zone for midface augmentation using anatomic landmarks for the infraorbital foramen. *Aesthetic Surgery Journal* 33:13-18

Renzi G, Carboni A, Perugini M, Giovannetti F, Becelli R (2004) Posttraumatic trigeminal nerve impairment: a prospective analysis of recovery patterns in a series of 103 consecutive facial fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 62:1341-1346

Roseman CC, Weaver TD (2004) Multivariate apportionment of global human craniometric diversity. *American Journal of Physical Anthropology* 125:257-263

Rouche M (1987) *The early middle ages in the West. A history of private life* 1:444-446

Sakavicius D, Juodzbaly G, Kubilius R, Sabalys GP (2008) Investigation of infraorbital nerve injury following zygomaticomaxillary complex fractures. *Journal of Oral Rehabilitation* 35:903-916

Salentijn EG, Van Den Bergh B, Forouzanfar T (2013) A ten-year analysis of midfacial fractures. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 41:630-636

Sardi ML, Novellino PS, Pucciarelli HM (2006) Craniofacial morphology in the Argentine Center-West: consequences of the transition to food production. *American Journal of Physical Anthropology* 130:333-343

Scarfe W, Langlais R, Ohba T, Kawamata A, Maselle I (1998) Panoramic radiographic patterns of the infraorbital canal and anterior superior dental plexus. *Dentomaxillofacial Radiology* 27:85-92

Scheffler C, Schüler G (2013) KAN-Studie 51 Rohfassung eines Leitfadens für die richtige Auswahl und Anwendung anthropometrischer Daten. Sankt Augustin, Kommission Arbeitsschutz und Normung

Scheuer L, Black S (2004) *The Juvenile Skeleton*. Boston, Elsevier Academic Press

Schilli W (1990) Treatment of zygoma fractures. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America* 2:155-169

Schultze-Mosgau S, Erbe M, Rudolph D, Ott R, Neukam FW (1999) Prospective study on post-traumatic and postoperative sensory disturbances of the inferior alveolar nerve and infraorbital nerve in mandibular and midfacial fractures. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 27:86-93

Schumacher G (1984) *Anatomie für Stomatologen*. Bd. 1. Leipzig, Johann Ambrosius Verlag

Schumacher KU, Koppe T, Schumacher B (1987) Funktionelle Morphologie des maxillomandibulären Apparates beim Miniaturschwein MINI-LEWE. 1. Das Miniaturschwein in der oral-anatomischen Forschung. *Anatomischer Anzeiger* 163:239-242

Schwartz J (1982) Dentofacial growth and development in *Homo sapiens*: evidence from perinatal individuals from Punic Carthage. *Anatomischer Anzeiger* 152:1-26

Schwenzer N, Grimm G (1990) *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde*. 2. Spezielle Chirurgie, Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung. New York, Georg Thieme Verlag

Scott JH (1967) *Dento-facial development and growth*. Oxford, Pergamon Press

Selig G (1878) Ueber einige Varietäten an den Knochen des menschlichen Schädels mit besonderer Berücksichtigung des Thränenbeins. *Med Diss*, Universität Würzburg.

Shea BT (1977) Eskimo craniofacial morphology, cold stress and the maxillary sinus. *American Journal of Physical Anthropology* 47:289-300

Singh R (2011) Morphometric analysis of infraorbital foramen in Indian dry skulls. *Anatomy and Cell Biology* 44:79-83

Šmahel Z, Müllerová Ž, Nejedlý A (1999) Effect of primary repositioning of the nasal septum on facial growth in unilateral cleft lip and palate. *The Cleft Palate - Craniofacial Journal* 36:310-313

Sperber GH (1989) Embryologie des Kopfes. Berlin, Quintessenz

Steckel RH (2001) Health and nutrition in the preindustrial era: insights from a millennium of average heights in Northern Europe. National Bureau of Economic Research

Stratemann S, Huang J, Maki K, Miller A, Hatcher D (2008) Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. *Dentomaxillofacial Radiology* 37:80-93

Taicher S, Ardekian L, Samet N, Shoshani Y, Kaffe I (1993) Recovery of the infraorbital nerve after zygomatic complex fractures: a preliminary study of different treatment methods. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 22:339-341

Tsai C, Yang L, Chen K, Chiu W (2010) The influence of masticatory hypofunction on developing rat craniofacial structure. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 39:593-598

Tsai CY, Chiu WC, Liao YH, Tsai CM (2009) Effects on craniofacial growth and development of unilateral botulinum neurotoxin injection into the masseter muscle. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 135:142-143

Turvey T (1977) Midfacial Fractures; A Retrospective Analysis of 593 Cases. *Journal of Oral Surgery* 35:887-891

Ueda HM, Ishizuka Y, Miyamoto K, Morimoto N, Tanne K (1998) Relationship between masticatory muscle activity and vertical craniofacial morphology. *The Angle Orthodontist* 68:233-238

Van Den Bergh B, Karagozoglu KH, Heymans MW, Forouzanfar T (2012) Aetiology and incidence of maxillofacial trauma in Amsterdam: a retrospective analysis of 579 patients. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 40:165-169

Van Limborgh J (1972) The role of genetic and local environmental factors in the control of postnatal craniofacial morphogenesis. *Acta Morphologica Neerlando-Scandinavia* 10:37-47

Van Vlijmen OJ, Maal TJ, Bergé SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM (2009) A comparison between two-dimensional and three-dimensional cephalometry on frontal radiographs and on cone beam computed tomography scans of human skulls. *European Journal of Oral Sciences* 117:300-305

Vriens J, Moos K (1995) Morbidity of the infraorbital nerve following orbitozygomatic complex fractures. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 23:363-368

Vriens JP, Van Der Glas HW, Bosman F, Koole R, Moos KF (1998) Information on infraorbital nerve damage from multitestung of sensory function. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 27:20-26

Wagner JH (2005) Gesichtsschädelverletzungen–Epidemiologie, Häufigkeit, Ursachen und Therapie: eine retrospektive Analyse von 2787 an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in Tübingen behandelten Frakturen. *Med Diss, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.*

Wandee Apinhasmit D, Supin Chompoopong M, Methathrathip D, Sansuk R, Phetphunphiphat W (2006) Supraorbital notch/foramen, infraorbital foramen and mental foramen in Thais: anthropometric measurements and surgical relevance. *Journal of the Medical Association of Thailand* 89:675-682

Westermarck A, Jensen J, Sindet-Pedersen S (1992) Zygomatic fractures and infraorbital nerve disturbances. Miniplate osteosynthesis vs. other treatment modalities. *Oral Surgery, Oral Diagnosis* 3:27-30

Woo JK (1949) Ossification and growth of the human maxilla, premaxilla and palate bone. *The Anatomical Record* 105:737-761

Wood NK, Wragg LE, Stuteville OH (1967) The premaxilla: embryological evidence that it does not exist in man. *The Anatomical Record* 158:485-489

Woolgar CM, Woolgar C, Serjeantson D, Waldron T (2006) *Food in medieval England: diet and nutrition*. Oxford, Oxford University Press

Yanagi Y (1989) Studies on the development and growth of the human maxilla--special references to the anterolateral, infratemporal and orbital surfaces. *The Hokkaido Journal of Medical Science* 64:648-666

Yesilova E, Bayrakdar IS (2018) The appearance of the infraorbital canal and infraorbital ethmoid (Haller's) cells on panoramic radiography of edentulous patients. *Biological and Medical Research International* 45:1-6

Yonemitsu I, Muramoto T, Soma K (2007) The influence of masseter activity on rat mandibular growth. *Archives of Oral Biology* 52:487-493

Yoon T, Choi Y, Cho J, Kim Y, Nam S (2016) Primary infraorbital foramen decompression for the zygomaticomaxillary complex fracture: Is it essential? *Journal of Craniofacial Surgery* 27:61-63

Anhang

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
CT	Computertomografie
DVT	Digitale Volumentomografie
N.	Nervus
R.	Ramus
Rr.	Rami

Tab. I Auflistung der Einzelwerte der ermittelten Abstände des Ein – und Ausganges des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten, sowie der projektivischen Längenmaße des Kanals und des Verlaufstypus für die Population Plinkaigalis. Angaben in mm

Population	Nr.	G	CBR1	CBR2	CHR1	CBL1	CBL2	CHL1	LCSR	LCFR	LCTR	LCSL	LCFL	LCTL	VTR	VTL
Plinkaigalis	1374	m	23,7	24,7	6	26,5	25,9	6,17	5,28	4,22	2,46	4,07	3,79	2,5	2	2
Plinkaigalis	1375	f	25,9	25,5	7,23	26,7	27,1	7,04	4,89	4,25	0,97	5,19	4,3	3,12	2	2
Plinkaigalis	5817	-	26,4	24,5	6,74	25,4	25,1	6,79	5,63	4,55	4,45	6,64	4,64	4,6	2	2
Plinkaigalis	6102	f	30,1	30,4	7,36	27	26,8	8,01	5,29	4,65	2,83	6,3	5,8	2,85	2	1
Plinkaigalis	4056	-	21,7	21,1	9,44	22,5	22,6	8,71	4,95	4,79	2,82	4,22	4,11	1,97	2	2
Plinkaigalis	5855	-	35,1	36,2	5,76	38,4	32,9	10,3	4,46	3,26	3,45	3,88	6,46	7,3	2	1
Plinkaigalis	6142	-	25,2	25,4	7,95	25,2	25,4	7,95	7,82	5,41	6,06	6,44	3,5	5,19	2	2
Plinkaigalis	6218	-	25,6	24,2	9,17	26,4	26,6	7,52	5,92	5,1	4,05	6,95	4,86	5,36	1	2
Plinkaigalis	6235	-	26,3	26,4	10,2	26,4	26,9	9,3	5,75	4,04	4,33	4,51	3,98	2,01	2	2
Plinkaigalis	1423	m	26,3	24,1	10,1	31,8	30,8	8,77	10,2	8,3	6,6	3,88	4,03	1,85	1	1
Plinkaigalis	1449	-	24,6	23,5	8,2	25,6	26,3	7,98	3,72	2,98	3,32	5,38	4,4	2,2	1	2
Plinkaigalis	1499	-	25,6	24,6	4,64	23,9	23,8	5,91	3,47	2,64	2,52	3,56	3,53	1,04	1	1
Plinkaigalis	1090	m	26,4	27,3	5,5	33	28,8	5,61	4,86	3,88	1,67	4,53	3,45	6,68	2	1

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; - unbekannt; CBR1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene rechts; CBR2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene rechts; CHR1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior rechts; CBL1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene links; CBL2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene links; CHL1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior links; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; VTR Verlaufstypus rechts; VTL Verlaufstypus links

Fortsetzung der Tabelle I

Population	Nr.	G	CBR1	CBR2	CHR1	CBL1	CBL2	CHL1	LCSR	LCFR	LCTR	LCSL	LCFL	LCTL	VTR	VTL
Plinkaigalis	1223	f				29,2	28,8	4,57				3,5	2,66	1,78		1
Plinkaigalis	0956	-	23	23,1	5,65	29,6	27,3	8,9	4,83	3,24	3,25	6,67	4,6	5,29	2	1
Plinkaigalis	1425	m	24,7	24,4	6,95	29,7	28,7	5,97	4,49	3,89	2,28	4,63	3,7	2,37	1	1
Plinkaigalis	1436	f	25,7	25,4	5,39	32,5	32,3	6,67	2,15	2,36	1,2	2,46	2,28	0,7	1	1
Plinkaigalis	1444	m	27,3	26,6	6,86	26,5	26,3	5,64	3,51	3,28	1,4	3,82	3,3	1,68	1	1
Plinkaigalis	5879	-	25,7	25,1	4,89	22,8	22,4	5,56	3,78	2,86	2,51	3,1	2,61	2,34	1	1
Plinkaigalis	6236	-				27,5	26,4	5,63				3,39	3,22	2,56		1
Plinkaigalis	6352	-	29,2	26,7	6,79	27,4	26,2	6,52	4,89	4,17	4,44	4,81	2,87	3,06	1	1
Plinkaigalis	1521	-	26,8	25	9,54	27,6	26,2	7,09	9,23	7,26	6,06	4,76	3,11	2,97	1	1
Plinkaigalis	1524	-	23,1	22,4	8,07	26,6	26,3	7,43	4,25	3,91	2,31	4,53	5,05	1,5	1	1
Plinkaigalis	1409	-	26,6	27	7,82	31,3	31,5	6,62	7,07	5,7	4,1	5,76	4,36	3,49	2	2
Plinkaigalis	1077	m	27,6	26,9	8,59	28,6	26,5	10,3	8,92	6,63	6,64	6,26	5,28	4,32	1	1
Plinkaigalis	1079	m	27,1	26,8	9,1	31,1	27,7	9,27	10,1	7,64	5,19	10,1	8,32	7,5	1	1
Plinkaigalis	1080	m	23	23,7	7,79	27,3	26	9,12	7,55	5,22	5,68	10,2	7,24	7,72	2	1
Plinkaigalis	1081	m	26,9	27,3	6,41	31,1	29,1	7,91	8,31	6,15	5,85	7,01	5,77	4,15	2	1
Plinkaigalis	1082	m	23,9	23,7	9,17	25,8	24,7	12,1	8,45	5,78	6,57	12,1	9,08	7,08	1	1
Plinkaigalis	1094	f	21,8	21,6	9,38	26,9	25,7	11,1	14,7	7,44	12,3	12,5	8,92	9,54	1	1

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; - unbekannt; CBR1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene rechts; CBR2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene rechts; CHR1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior rechts; CBL1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene links; CBL2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene links; CHL1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior links; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; VTR Verlaufstypus rechts; VTL Verlaufstypus links

Anhang

Tab.II Auflistung der Einzelwerte der ermittelten Abstände des Ein – und Ausganges des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten, sowie der projektivischen Längenmaße des Kanals und des Verlaufstypus für die Populationen Plinkaigalis und Alytus. Angaben in mm

Population	Nr.	G	CBR1	CBR2	CHR1	CBL1	CBL2	CHL1	LCSR	LCFR	LCTR	LCSL	LCFL	LCTL	VTR	VTL
Plinkaigalis	1095	f	26,9	28,1	8,96	26,8	25,7	10,1	15,6	9,29	11,8	9,98	8,8	4,99	2	1
Plinkaigalis	1083	m	24,3	24,1	9,46	26,3	25,8	9,22	9,75	7,63	5,67	10,5	7,84	7,32	1	1
Plinkaigalis	0814	m				27,5	26,1	9,96				12,4	9,5	8,66		1
Plinkaigalis	0813	m				24,8	22,5	12,7				18,2	12,4	12,8		1
Plinkaigalis	0817	m	30,3	29,9	15,8	26	25,6	10	16,4	12,8	9,07	11,7	8,81	7,26	1	1
Plinkaigalis	0957	f	25,5	25	6,03	25,8	23,8	11	7,09	3,46	6,22	8,98	5,83	6,89	1	1
Plinkaigalis	0958	f	24,2	23,4	8,9	28,2	26,7	8,72	9,14	6,98	5,91	10,9	7	8,69	1	1
Alytus	3601	m	20,1	22,1	10,18	26	24,2	9,3	10,8	5,82	8,83	10,2	4,77	9,95	2	1
Alytus	3605	f	23,4	21,7	4,67	26,5	24,1	5,75	3,57	3,82	3,46	6,15	4,78	5,8	1	1
Alytus	3607	f	28,5	26,5	4,38	27,3	26,6	7,99	5,93	3,7	5,1	8,1	6,82	4,54	1	1
Alytus	3577	f	26,3	26,6	10,3	29,9	29,1	10,1	9,95	8,55	5,43	10,1	8,59	6,74	2	1
Alytus	3610	f	23,5	22,2	5,97	23,8	22,5	3,13	10,3	5,75	8,96	10,5	4,61	9,31	1	1
Alytus	3613	m	25,9	23,4	10,3	28,2	25,1	11,2	8,62	6,79	5,55	7,19	6,67	4,83	1	1
Alytus	3617	m	28,4	27,7	8,05	28,2	26,5	11,7	7,77	6,73	4,18	10,6	9,42	5,69	1	1

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; - unbekannt; CBR1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene rechts; CBR2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene rechts; CHR1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior rechts; CBL1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene links; CBL2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene links; CHL1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior links; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; VTR Verlaufstypus rechts; VTL Verlaufstypus links

Anhang

Tab. III Auflistung der Einzelwerte der ermittelten Abstände des Ein – und Ausganges des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten, sowie der projektivischen Längenmaße des Kanals und des Verlaufstypus für die Populationen Jakštaičiai-Meškiai, Pagrybis, Karmėlava und Jena. Angaben in mm

Population	Nr.	G	CBR1	CBR2	CHR1	CBL1	CBL2	CHL1	LCSR	LCFR	LCTR	LCSL	LCFL	LCTL	VTR	VTL
Jakštaičiai-Meškiai	1381	m	29,5	28,7	8,01	33	31	10,1	4,14	3,76	3,42	4,93	4,16	3,79	1	1
Jakštaičiai-Meškiai	1386	f	25,3	25,5	8,02	26,2	27	8,79	4,81	3,95	2,77	4,75	4,13	2,53	2	2
Pagrybis	1397	f	26,6	25	6,34	30,6	30,1	7,43	4,02	3,26	2,85	3,41	3,01	2,09	1	1
Karmėlava	6480	f	25,8	25,4	6,38	24,9	25,7	5,07	3,54	3,01	1,83	3,96	2,73	2,17	1	2
Jena	156	-	30,9	27,4	6,08				11,8	7,94	9,56				1	
Jena	1285	-	30,4	26,6	6,38	26,9	23,8	10	12,8	6,05	12,2	12,3	7,53	10,6	1	1
Jena	7315	-	26,7	24,2	5,04	25,3	23	6,98	4,85	3,66	5,1	7,35	5,48	6,07	1	1
Jena	2796	-	24,1	23,6	6,08	23,7	23,6	7,78	5,39	4,38	3,87	7,13	6,07	3,73	1	1
Jena	1004	-	27,7	26,4	8,15	26,3	25,2	4,8	9,63	7,94	5,89	4,85	4,07	3,79	1	1
Jena	637	-	22,5	21,8	8,61	24,5	22,7	8,86	8,45	7,4	4,65	9,43	8,11	5,67	1	1
Jena	510	-	29,5	25,7	9,57	25,7	23,6	9,88	8,38	7,07	7,37	3,3	2,93	3,21	1	1
Jena	5275	-	24,2	23,5	7,61				10,4	7,23	7,8				1	
Jena	871	-	29	28,4	11,6	29	28,8	11,5	9,93	5,74	8,37	8,86	6,44	6,12	1	1

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; - unbekannt; CBR1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene rechts; CBR2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene rechts; CHR1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior rechts; CBL1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene links; CBL2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene links; CHL1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior links; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; VTR Verlaufstypus rechts; VTL Verlaufstypus links

Anhang

Tab. IV Auflistung der Einzelwerte der ermittelten Abstände des Ein – und Ausganges des Canalis infraorbitalis zu definierten Messpunkten, sowie der projektivischen Längenmaße des Kanals und des Verlaufstypus für die Population Kyoto. Angaben in mm

Population	Nr.	G	CBR1	CBR2	CHR1	CBL1	CBL2	CHL1	LCSR	LCFR	LCTR	LCSL	LCFL	LCTL	VTR	VTL
Kyoto	897	m	27	25,8	9,53	26,7	25,3	8,24	12,9	10,3	8	9,75	7,37	6,18	1	1
Kyoto	1137	m	31,2	29,4	5,84	26,6	25,9	8,81	13,6	8,59	10,3	12,4	9,39	8,03	1	1
Kyoto	1271	f	24,7	23,3	4,08	24,9	23,9	4,74	5,47	3,13	5,17	6,41	2,85	5,16	1	1
Kyoto	1297	f	22,1	19,6	7,57	25	22,3	6,99	8,28	6,77	5,8	9,78	6,82	7,86	1	1
Kyoto	1416	f	29	27,3	4,53	24,6	24,1	6,33	15,5	7,19	14,5	19,7	8,68	17,9	1	1
Kyoto	2151	f	27,6	27	7,04	28,4	27,5	8,68	9,38	6,24	7,47	11,4	7,13	8,91	1	1
Kyoto	2253	m	27,7	27,3	5,92	28,9	28,6	5,79	6,08	4,61	3,74	4,23	3,52	2,39	1	1
Kyoto	2791	f	22,3	21,6	7,4	27,1	28	5,33	7,25	6,55	3,71	6,07	4,18	4,3	1	2

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; CBR1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene rechts; CBR2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene rechts; CHR1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior rechts; CBL1 Horizontaler Abstand zwischen OE und der Mediansagittalebene links; CBL2 Horizontaler Abstand zwischen FA und der Mediansagittalebene links; CHL1 vertikaler Abstand zwischen FA und dem Margo orbitalis inferior links; LCSR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTR projektivische Länge des rechten Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; LCSL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Sagittalebene; LCFL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Frontalebene; LCTL projektivische Länge des linken Canalis infraorbitalis in der Transversalebene; VTR Verlaufstypus rechts; VTL Verlaufstypus links

Tab.V Auflistung der Einzelwerte der Winkelmessungen für die Population Plinkaigalis. Angaben in Grad

Population	Nr.	G	WSTR	WSFR	WFSR	WFTR	WTFR	WTSR	WSTL	WSFL	WFSL	WFTL	WTFL	WTSL
Plinkaigalis	1374	m	63,8	27,7	-4,6	84	75,1	-18,5	53,1	41,1	-16,1	75,9	117,2	19,6
Plinkaigalis	1375	f	80,1	9	-2,6	87,5	77,4	-17,3	54,1	35,5	-21,5	73,6	118,5	32,3
Plinkaigalis	5817	-	58,2	32,9	-2	87	87,7	-3,6	38,3	50,4	-14,7	80,3	84,2	-5,9
Plinkaigalis	6102	f	62,1	29,15	-19,8	74	58,5	-33,1	51,3	38,1	18,9	107,9	108,2	19,8
Plinkaigalis	4056	-	57,6	33,3	-2,1	88,5	95	5,7	59,3	28	-13,4	75,6	60,2	-24,4
Plinkaigalis	5855	-	31,11	56,2	-20,8	70,4	68,9	-17,15	68,2	16,7	2,3	92,2	86,7	2,5
Plinkaigalis	6142	-	40,35	48,75	-6,06	84,7	87,6	-2,47	33,1	55,67	-2,82	86,1	92,6	2,4
Plinkaigalis	6218	-	55,27	38	19,26	113,9	117,2	30,2	38,03	50,71	-4,81	85,5	85,1	-5,8
Plinkaigalis	6235	-	40,9	46,5	-3,4	86,2	85,7	-4,3	60,6	31,4	-15,8	77	69,7	-14,9
Plinkaigalis	1423	m	52,51	35,6	11,9	113,5	101,5	13,8	66,6	24,5	12,5	105,4	127,7	35,5
Plinkaigalis	1449	-	42,8	46,86	22,8	112,5	110,5	20,13	58,4	32,9	-6,8	85,3	75,9	-13,5
Plinkaigalis	1499	-	41,3	48,1	31,7	120,7	123,4	37,4	67,03	21,1	6,5	98,3	98,2	6,6
Plinkaigalis	1090	m	61,3	28,5	-15,8	72,2	62,2	-28,5	46,5	36,6	19,6	111,3	109,7	30,9

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; WSTR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSFR projektivischer Winkel zwischen LCSR und der Frontalebene – rechts; WFSR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Sagittalebene – rechts; WFTR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Transversalebene – rechts, WTFR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Frontalebene – rechts; WTSR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSTL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links; WSFL projektivischer Winkel zwischen LCSL und der Frontalebene – links; WFSL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Sagittalebene – links; WFTL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Transversalebene – links, WTFL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Frontalebene – links; WTSL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links

Fortsetzung der Tabelle V

Population	Nr.	G	WSTR	WSFR	WFSR	WFTR	WTFR	WTSR	WSTL	WSFL	WFSL	WFTL	WTFL	WTSL
Plinkaigalis	1223	f							53,1	38,9	21,9	106,8	112,6	22,8
Plinkaigalis	0956	-	43,9	50,8	-6,1	84,5	83,3	-6,1	41,1	51,1	29,3	117,3	108,3	17,8
Plinkaigalis	1425	m	61,9	37,6	9,2	100,9	110	13,4	50,7	35,9	16,1	108,8	113,5	20,3
Plinkaigalis	1436	f	57,8	32,2	13,9	100,5	114,2	22,9	76,6	14,9	8,8	101,1	99,4	7,6
Plinkaigalis	1444	m	62,2	27	21,2	107,1	128,2	36,2	57,8	33,3	10,8	97,5	118,3	30,6
Plinkaigalis	5879	-	47,9	44,2	19,4	107,9	110,9	16,5	49,3	39,1	15,3	103,5	107,2	19,2
Plinkaigalis	6236	-							45,8	47,7	21,4	113,5	118,3	28,2
Plinkaigalis	6352	-	44,1	49,1	33,6	125,1	122,5	34,3	32,9	54,4	21,9	116,6	113,9	21,9
Plinkaigalis	1521	-	49,8	41,8	20,3	111,8	111,5	19,4	47,4	43,2	18,6	112,9	115,8	26,6
Plinkaigalis	1524	-	65,6	26,1	24,4	116,6	123,5	34,2	62,6	21,1	5,5	92,8	111,7	26,2
Plinkaigalis	1409	-	50,5	39,1	-3,1	86,8	83,9	-5,2	51,5	41,9	-9,9	82,2	77,1	-13,2
Plinkaigalis	1077	m	39,6	48,1	6,6	100,1	99,2	11,5	48,7	39,7	17,5	109,7	116,4	23,4
Plinkaigalis	1079	m	54,8	33,9	5,8	94,5	98,1	7,5	47,9	40,1	20,7	111,7	115,5	23,1
Plinkaigalis	1080	m	40,2	49,4	-9,9	79,4	80,9	-7,3	42,3	46,7	13,4	103,2	102,6	8,9
Plinkaigalis	1081	m	42,3	47,9	-6,5	83,6	83,6	-6,3	47,7	39,6	15,3	107,1	117,4	29,7
Plinkaigalis	1082	m	35,9	48,9	7,4	96,3	97,2	10,3	48,1	39,1	13,2	101,5	105,4	14,7
Plinkaigalis	1094	f	30,2	59,6	4,9	95,3	92,3	2,8	39,3	50,3	8,1	98,6	98,8	6,7

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; WSTR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSFR projektivischer Winkel zwischen LCSR und der Frontalebene – rechts; WFSR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Sagittalebene – rechts; WFTR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Transversalebene – rechts, WTFR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Frontalebene – rechts; WTSR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSTL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links; WSFL projektivischer Winkel zwischen LCSL und der Frontalebene – links; WFSL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Sagittalebene – links; WFTL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Transversalebene – links, WTFL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Frontalebene – links; WTSL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links

Tab.VI Auflistung der Einzelwerte der Winkelmessungen für die Populationen Plinkaigalis und Alytus. Angaben in Grad

Population	Nr.	G	WSTR	WSFR	WFSR	WFTR	WTFR	WTSR	WSTL	WSFL	WFSL	WFTL	WTFL	WTSL
Plinkaigalis	1095	f	37,8	52,5	-6,4	83,1	84,5	-4,5	58,2	28,3	9,6	97,6	107,8	20,8
Plinkaigalis	1083	m	53,2	32,6	5,4	94,3	99,7	8,9	47,1	41,2	2,8	93,1	92,8	4,1
Plinkaigalis	0814	m							45,4	45,1	8,6	98,3	99,3	11,7
Plinkaigalis	0813	m							47,3	42,5	11,4	102,5	105,2	13,9
Plinkaigalis	0817	m	54,8	34,3	3,9	95,2	92,8	3,3	48,7	41,1	6,7	95,1	99,5	9,6
Plinkaigalis	0957	f	23,8	64,1	15,2	104,1	98,5	7,9	36,5	49,1	26,6	112,5	108,1	19,1
Plinkaigalis	0958	f	48,3	40,9	9,5	99,8	100,3	8,2	36,9	50,9	14,1	100,9	100,2	10,5
Alytus	3601	m	34,4	58,6	-7,7	85,7	81,3	-10,1	23,8	64,1	21,1	105,8	102,2	10,3
Alytus	3605	f	53,5	40,9	23,1	123,5	123,6	34,9	38,3	52,5	24,6	120,8	114,5	21,8
Alytus	3607	f	31,4	55,9	36,9	123,8	117,9	26,1	54,1	34,8	3,4	95,3	96,1	8,3
Alytus	3577	f	58,4	32,3	3,7	86,5	75,9	-9,5	50,4	35,5	10,5	100,3	102,5	12,2
Alytus	3610	f	33,1	55	16,1	108,6	101,8	12,7	24,5	61,6	18,6	108,6	100,6	9,5
Alytus	3613	m	49,3	40,6	24,1	114,8	110,9	23,7	52,6	31,4	26,1	120,1	122,9	31,8
Alytus	3617	m	56,1	32,9	9,6	101,8	110,5	19,9	53,9	31,9	16,1	103,2	116,6	26,6

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; WSTR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSFR projektivischer Winkel zwischen LCSR und der Frontalebene – rechts; WFSR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Sagittalebene – rechts; WFTR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Transversalebene – rechts, WTFR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Frontalebene – rechts; WTSR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSTL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links; WSFL projektivischer Winkel zwischen LCSL und der Frontalebene – links; WFSL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Sagittalebene – links; WFTL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Transversalebene – links, WTFL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Frontalebene – links; WTSL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links

Tab. VII Auflistung der Einzelwerte der Winkelmessungen für die Populationen Jakštaičiai-Meškiai, Pagrybis, Karmėlava und Jena. Angaben in Grad

Population	Nr.	G	WSTR	WSFR	WFSR	WFTR	WTFR	WTSR	WSTL	WSFL	WFSL	WFTL	WTFL	WTSL
Jakštaičiai-Meškiai	1381	m	46,8	43,1	19,3	111,8	113,6	22,2	47,1	36,9	29,7	117,3	123,3	33,3
Jakštaičiai-Meškiai	1386	f	59,1	31,4	-15,3	71,5	72,2	-15,3	50,5	40,8	-6	85,3	99,7	12,6
Pagrybis	1397	f	51,1	41,8	30,5	120	125,6	31,6	54,3	35,8	15,1	94,3	109,8	18,6
Karmėlava	6480	f	59,5	37,4	13,5	103,2	119,1	26,6	46,9	42,1	-19,4	72,9	79,3	-12,9
Jena	156	-	36,1	54,8	24,6	112,6	108,7	17,1						
Jena	1285	-	19,5	67	42,9	126,8	110,1	19,7	33,3	55,3	24,9	114	107,4	17,3
Jena	7315	-	33,7	55,6	40,1	127,9	117,4	24,7	36,5	44,9	26,3	118,3	112,4	22,1
Jena	2796	-	49,9	37,8	15,6	101,7	106,6	16,7	50	35,8	1,9	92,1	102,8	12,1
Jena	1004	-	51,5	36,5	10,2	100,8	101,6	11,8	36,8	52,9	16,6	111,2	117,8	22,9
Jena	637	-	59,3	29,1	9,1	98,3	103,8	14,1	53,6	31,6	9,9	102,4	106,4	18,4
Jena	510	-	41,5	45,5	32,1	122,3	120,4	33,2	28	60,5	38,4	131,5	132,9	44,5
Jena	5275	-	39	45,8	6,5	95,8	99,7	8,1						
Jena	871	-	37,7	52,2	9,8	99,9	97,8	7,6	44,4	45,8	5,4	94,5	98,1	6,3

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; WSTR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSFR projektivischer Winkel zwischen LCSR und der Frontalebene – rechts; WFSR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Sagittalebene – rechts; WFTR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Transversalebene – rechts, WTFR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Frontalebene – rechts; WTSR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSTL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links; WSFL projektivischer Winkel zwischen LCSL und der Frontalebene – links; WFSL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Sagittalebene – links; WFTL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Transversalebene – links, WTFL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Frontalebene – links; WTSL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links

Tab. VIII Auflistung der Einzelwerte der Winkelmessungen für die Population Kyoto. Angaben in Grad

Population	Nr.	G	WSTR	WSFR	WFSR	WFTR	WTFR	WTSR	WSTL	WSFL	WFSL	WFTL	WTFL	WTSL
Kyoto	897	m	51,8	35,7	7,4	98,5	102,1	11,1	49,8	39,7	12	100,7	103,4	10,3
Kyoto	1137	m	39,1	48,4	15,4	104,5	101,4	13,4	51,1	36,5	4,6	96,3	96,6	8,1
Kyoto	1271	f	31,1	58,6	28	114,7	104,2	16,4	28,6	62,1	21,5	109,8	104,2	14,1
Kyoto	1297	f	47,6	41,2	27,6	116,9	121,1	31,1	40,1	48,4	21,4	112,6	110,6	22
Kyoto	1416	f	23,8	64,3	15,6	107,1	97,2	8,5	24,8	63	6,8	95,4	93,4	3,3
Kyoto	2151	f	38,4	48,8	11,6	99,7	98,1	7,4	34,8	51,8	6,7	95,4	96,4	6,3
Kyoto	2253	m	46	43,2	10,6	101,6	101,5	10,9	55	29,6	14,2	102	122,3	29,7
Kyoto	2791	f	58,7	30,5	11,6	99,6	106,6	17,9	40,5	47,8	12,1	78,5	77,2	-13

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; WSTR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSFR projektivischer Winkel zwischen LCSR und der Frontalebene – rechts; WFSR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Sagittalebene – rechts; WFTR projektivischer Winkel zwischen LCFR und der Transversalebene – rechts, WTFR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Frontalebene – rechts; WTSR projektivischer Winkel zwischen LCTR und der Sagittalebene – rechts; WSTL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links; WSFL projektivischer Winkel zwischen LCSL und der Frontalebene – links; WFSL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Sagittalebene – links; WFTL projektivischer Winkel zwischen LCFL und der Transversalebene – links, WTFL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Frontalebene – links; WTSL projektivischer Winkel zwischen LCTL und der Sagittalebene – links

Anhang

Tab. IX Auflistung der Einzelwerte für die externen Schädelmaße, der Volumina von Orbita und Sinus maxillaris und der ermittelten Indizes für die Population *Plinkaigalis*. Angaben in cm bzw. cm³

Population	Nr.	G	SBL	GSL	OSH	MGB	MAB	JBB	IOB	GSV	OR	SMR	OL	SML	IR	I _{SM}	I _O	I _{RLCSR}
Plinkaigalis	1374	m	10,96	9,81	6,89	9,16	6,39	12,85	2,04	304,82	24,37	12,18	25,37	12,43	49,9	3,9	7,9	53,8
Plinkaigalis	1375	f	9,99	9,1	6,75	8,2	5,55	12,64	2,19	244,94	27,52	12,19	26,44	11,69	44,3	4,9	11,2	53,7
Plinkaigalis	5817	-	9,98	7,53	5,36	7,59	5,46	12,32	2,41	150,79	27,31	10,38	25,97	12,73	38	6,9	18,1	74,8
Plinkaigalis	6102	f	9,78	8,52	7,14	9,04	6,27	13,22	2,25	267,63	35,13	14,88	35,21	19,56	42,3	5,5	13,1	62,1
Plinkaigalis	4056	-	9,65	8,48	7,02	8,47	5,47	12,1	1,68	261,49	26,18	16,93	25,86	17,49	64,7	6,5	10	58,4
Plinkaigalis	5855	-	10,47	8,94	7,04	9,43	5,91	13,22	2,6	293,03	35,47	23,47	32,79	22,11	66,2	8	12,1	49,9
Plinkaigalis	6142	-	9,76	7,84	5,57	7,3	5,69	12,27	1,89	159,31	28,95	14,83	26,68	13,43	51,2	9,3	18,2	99,7
Plinkaigalis	6218	-	9,98	9,36	6,41	9,34	6,04	12,67	1,88	271,83	25,46	17,31	25,67	14,51	67,9	6,4	9,4	63,2
Plinkaigalis	6235	-	10,09	9,06	6,41	8,61	6,01	13,51	2,3	245,75	29,20	13,75	31,16	14,63	47,1	5,6	11,9	63,5
Plinkaigalis	1423	m	11,41	10,26	7,01	9,21	5,54	12,69	2,42	326,47	27,61	16,16	23,96	17,04	58,5	4,9	8,5	99,4
Plinkaigalis	1449	-	10,35	9,43	5,67	8,2	6,2	12,53	2,15	217,34	23,00	8,84	24,87	8,79	38,4	4,1	10,6	39,4
Plinkaigalis	1499	-	10,21	9,21	7,16	8,72	5,86	12,29	1,89	279	25,04	15,9	22,34	14,87	63,5	5,7	8,9	37,7
Plinkaigalis	1090	m	10,56	9,25	7,07	9,34	6,2	13,67	2,18	300,21	22,79	18,65	25,67	16,95	81,8	6,2	7,6	52,5

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsbreite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen; OL Volumen der linken Orbita; SML Volumen des Sinus maxillaris; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris; IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_O = OR/GSV x 100; I_{RLCSR} = LCSR/GSL x 100

Fortsetzung der Tabelle IX

Population	Nr.	G	SBL	GSL	OSH	MGB	MAB	JBB	IOB	GSV	OR	SMR	OL	SML	IR	I _{SM}	I _O	I _{RLCSR}
Plinkaigalis	1223	f	9,68	9,2	6,59		6,26		2,21				25,52	18,66				
Plinkaigalis	0956	-	9,44	8,88	5,55	9,09	6,2	12,04	2,14	219,08	25,04	14,18	26,63	13,64	56,6	6,5	11,4	54,4
Plinkaigalis	1425	m	10,8	8,69	7,06	8,45	6,55	12,84	2,49	258,55	29,74	16,57	23,64	17,9	55,7	6,4	11,5	51,7
Plinkaigalis	1436	f	9,84	9,16	6,98	9,57	6,43	12,7	2,03	293,7	28,79	9,76	29,44	11,91	33,9	3,3	9,8	23,5
Plinkaigalis	1444	m	10,15	9,33	6,73	8,67	6,28	12,51	1,77	264,68	28,79	9,49	25,66	11,58	32,9	3,6	10,9	37,6
Plinkaigalis	5879	-	9,63	8,55	6,65	9,12	5,74	12,69	1,99	253,14	21,61	18,4	23,06	15,42	85,1	7,3	8,5	44,2
Plinkaigalis	6236	-	9,63	8,55	6,65	8,86	5,98	12,88	1,99	245,92	26,81	13,68	27,49	7,08	51	5,6	10,9	
Plinkaigalis	6352	-	10,45	9,05	6,22	8,77	5,99	12,66	2,07	245,57	25,54	15,39	23,38	14,76	60,3	6,2	10,4	54
Plinkaigalis	1521	-	10,26	9,21	6,89	8,53	6,32	12,67	1,9	264,43	32,30	13,84	32,42	13,55	42,8	5,2	12,2	100,2
Plinkaigalis	1524	-	10,26	9,52	6,82	8,65	6,1	12,76	2,44	271,21	26,84	12,33	24,61	12,83	45,9	4,5	9,9	44,6
Plinkaigalis	1409	-	10,52	9,43	7,35	9,26	6,61	13,33	1,84	312,09	25,48	26,77	31,6	23,12	105,1	8,6	8,2	74
Plinkaigalis	1077	m	<i>10,84</i>	<i>10,41</i>	<i>7,18</i>	<i>9,81</i>	<i>6,31</i>	13,19	1,86	351,55	31,19	<i>14,41</i>	34,16	<i>18,11</i>	46,2	4,1	8,9	85,7
Plinkaigalis	1079	m	<i>11,01</i>	<i>10,5</i>	<i>6,75</i>	<i>9,89</i>	<i>6,81</i>	13,1	2,35	339,88	34,99	26,3	37,22	<i>27,93</i>	75,2	7,7	10,3	96,2
Plinkaigalis	1080	m	<i>10,39</i>	<i>10,34</i>	<i>7,4</i>	<i>9,89</i>	<i>6,19</i>	13,04	1,92	354,29	34,05	<i>19,1</i>	29,01	<i>23,93</i>	56,1	5,4	9,6	73
Plinkaigalis	1081	m	<i>10,34</i>	<i>9,64</i>	<i>7</i>	<i>9,40</i>	<i>6,46</i>	12,09	1,92	306,29	26,82	<i>14,77</i>	29,43	<i>15,95</i>	55,1	4,8	8,7	86,2
Plinkaigalis	1082	m	<i>10,42</i>	<i>10,08</i>	<i>6,91</i>	<i>9,84</i>	<i>6,73</i>	12,33	1,87	327,68	27,49	<i>25,11</i>	28,33	<i>28,93</i>	91,3	7,7	8,4	83,8
Plinkaigalis	1094	f	<i>9,92</i>	<i>10,26</i>	<i>6,26</i>	<i>9,69</i>	<i>6,62</i>	12,6	1,87	290,5	29,72	<i>24,68</i>	28,68	<i>29,71</i>	83	8,5	10,2	143,3

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsweite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen; OL Volumen der linken Orbita; SML Volumen des Sinus maxillaris; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris; IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_O = OR/GSV x 100; I_{RLCSR} = LCSR/GSL x 100; die kursiven Werte wurden von Bärenklau (2016) übernommen

Anhang

Tab.X Auflistung der Einzelwerte für die externen Schädelmaße, der Volumina von Orbita und Sinus maxillaris und der ermittelten Indizes für die Populationen *Plinkaigalis* und *Alytus*. Angaben in cm bzw. cm³

Population	Nr.	G	SBL	GSL	OSH	MGB	MAB	JBB	IOB	GSV	OR	SMR	OL	SML	IR	I _{SM}	I _O	I _{RLCSR}
<i>Plinkaigalis</i>	1095	f	<i>10,41</i>	<i>10,34</i>	<i>6,72</i>	<i>9,55</i>	<i>6,28</i>	12,72	1,90	314,95	29,43	<i>16,86</i>	31,43	<i>22,58</i>	57,3	5,4	9,3	150,9
<i>Plinkaigalis</i>	1083	m	<i>10,56</i>	<i>10,31</i>	<i>7,6</i>	<i>9,57</i>	<i>6,66</i>	12,7	2,11	353,23	22,88	<i>23,42</i>	22,91	<i>23,23</i>	102,4	6,6	6,5	94,6
<i>Plinkaigalis</i>	0814	m	<i>10,02</i>	<i>9,45</i>	<i>7,52</i>	<i>9,28</i>	<i>6,28</i>	12,92	1,67	312,42	29,92	<i>32,52</i>	28,97	<i>33,98</i>	108,7	10,4	9,6	
<i>Plinkaigalis</i>	0813	m	<i>10,93</i>	<i>10,2</i>	<i>7,77</i>	<i>9,54</i>	<i>6,6</i>	12,48	1,91	362,52	31,43	<i>30,89</i>	33,04	<i>35,46</i>	98,3	8,5	8,7	
<i>Plinkaigalis</i>	0817	m			<i>7,71</i>	<i>10,11</i>	<i>6,41</i>	12,95	1,92		32,38	<i>25,45</i>	32,39	<i>24,05</i>	78,6			
<i>Plinkaigalis</i>	0957	f	<i>9,73</i>	<i>8,38</i>	<i>5,33</i>	<i>9,95</i>	<i>6,28</i>	12,11	2,23	221,99	24,78	<i>18,6</i>	25,36	<i>19,31</i>	75,1	8,4	11,2	84,6
<i>Plinkaigalis</i>	0958	f	<i>10,48</i>	<i>10,03</i>	<i>6,21</i>	<i>8,97</i>	<i>5,94</i>	12,39	1,96	271,49	27,55	<i>16,37</i>	28,03	<i>18,58</i>	59,4	6	10,1	91,1
<i>Alytus</i>	3601	m	<i>10,07</i>	<i>10,03</i>	<i>6,54</i>	<i>9,13</i>	<i>6,65</i>	12,73	2,19	283,71	29,15	<i>21,81</i>	27,35	<i>11,17</i>	74,8	7,7	10,3	107,7
<i>Alytus</i>	3605	f	<i>9,4</i>	<i>8,78</i>	<i>6,25</i>	<i>8,82</i>	<i>5,55</i>	11,92	1,75	234,11	22,02	<i>16,64</i>	20,84	<i>16,12</i>	75,6	7,1	9,4	40,7
<i>Alytus</i>	3607	f	<i>9,41</i>	<i>9,24</i>	<i>6,5</i>	<i>9,17</i>	<i>5,97</i>	12,33	2,26	260,39	20,52	<i>12,53</i>	20,32	<i>17,74</i>	61,1	4,8	7,9	64,2
<i>Alytus</i>	3577	f	<i>10,01</i>	<i>8,52</i>	<i>6,65</i>	<i>9,8</i>	<i>6,29</i>	11,92		274,62	26,34	<i>21,77</i>	27,7	<i>23,33</i>	82,6	7,9	9,6	116,8
<i>Alytus</i>	3610	f	<i>9,71</i>	<i>8,73</i>	<i>6,17</i>	<i>8,33</i>	<i>5,59</i>	11,81	2,12	220,44	21,61	<i>11,6</i>	19,78	<i>9,13</i>	53,7	5,3	9,8	117,9
<i>Alytus</i>	3613	m	<i>9,38</i>	<i>9,44</i>	<i>6,9</i>	<i>9,15</i>	<i>6,38</i>	12,46	2,33	276,35	24,33	<i>13,64</i>	23,4	<i>17,31</i>	56,1	4,9	8,8	91,3
<i>Alytus</i>	3617	m	<i>10,18</i>	<i>10,29</i>	<i>7,77</i>	<i>9,96</i>	<i>6,91</i>	13,18	1,88	366,36	26,07	<i>24,41</i>	25,45	<i>22,12</i>	93,6	6,6	7,1	75,5

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsbreite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen; OL Volumen der linken Orbita; SML Volumen des Sinus maxillaris; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris; IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_O = OR/GSV x 100; I_{RLCSR} = LCSR/GSL x 100; die kursiven Werte wurden von Bärenklau (2016) übernommen

Tab. XI Auflistung der Einzelwerte für die externen Schädelmaße, der Volumina von Orbita und Sinus maxillaris und der ermittelten Indizes für die Populationen Jakštaičiai-Meškiai, Pagrybis, Karmėlava und Jena. Angaben in cm bzw. cm³

Population	Nr.	G	SBL	GSL	OSH	MGB	MAB	JBB	IOB	GSV	OR	SMR	OL	SML	IR	I _{SM}	I _O	I _{RLCSR}
Jakštaičiai-Meškiai	1381	m	10,79	9,26	7,08	9,88	6,46	13,64	2,37	320,29	31,15	23,31	29,28	21,11	74,83	7,3	9,7	44,7
Jakštaičiai-Meškiai	1386	f	10,72	9,05	6,5	7,51	6,13	12,43	1,91	220,21	28,88	10,76	26,88	14,17	37,3	4,9	13,1	53,1
Pagrybis	1397	f	9,92	9,36	6,65	8,53	5,91	12,28	2,12	255,72	29,82	16,7	28,35	14	56	6,5	11,7	42,9
Karmėlava	6480	f	9,9	8,9	6,58	7,65	5,79	11,49	2,21	219,04	22,18	12,73	27,7	12,75	57,4	5,8	10,1	39,8
Jena	156	-	9,52	9,26	6,45	8,85	5,96	0,94	12,6	2,09	251,49	29,65	29,72	12,57	39,2	4,6	11,8	127,4
Jena	1285	-	9,92	9,6	6,88	9,02	6,09	0,72	11,88	2,55	283,1	29,44	27,22	19,52	62,8	6,5	10,4	133,3
Jena	7315	-	9,98	8,79	6,99	9,08	6,12	0,98		2,1	272,37	21,79	28,28	15,72	77,5	6,2	8	55,2
Jena	2796	-	9,16	9,21	6,08	9,5	5,97	0,98	12,15	2,05	250,3	25,79	24,75	12,34	40,1	4,1	10,3	58,5
Jena	1004	-	10	9,75	7,1	9,23	6,42	1,11	13,56	2,5	301,75	28,12	28,59	15,19	70,4	6,6	9,3	98,8
Jena	637	-	9,53	9,11	6,94	9,31	6,25	1,49	12,23	1,91	278,93	19,54	20,49	14,25	69,8	4,9	7	92,8
Jena	510	-	9,56	9,32	6,67	9,4	6,29	0,98	12,48	1,55	276,67	25,35	26,25	13,92	50,3	4,6	9,2	89,9
Jena	5275	-	10,78	10,27	6,83	9,81	6,01	0,91	12,59	2,06	332,59	28,2	26,33	18,66	60,1	5,1	8,5	101,3
Jena	871	-	10,34	9,8	6,67	10,17	6,51	1,21	13,21	2,12	321,21	33,76	30,55	33,83	92,9	9,8	10,5	101,3

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsweite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelvolumen; OL Volumen der linken Orbita; SML Volumen des Sinus maxillaris; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris; IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_O = OR/GSV x 100; I_{RLCSR} = LCSR/GSL x 100; die kursiven Werte wurden von Bärenklau (2016) übernommen

Anhang

Tab. XII Auflistung der Einzelwerte für die externen Schädelmaße, der Volumina von Orbita und Sinus maxillaris und der ermittelten Indizes für die Population Kyoto. Angaben in cm bzw. cm³

Population	Nr.	G	SBL	GSL	OSH	MGB	MAB	JBB	IOB	GSV	OR	SMR	OL	SML	IR	I _{SM}	I _O	I _{RLCSR}
Kyoto	897	m	9,71	8,89	6,95	9,01	5,8	1,48	13,12	2,08	268,2	24,5	26,44	7,33	37,9	3,5	9,1	29
Kyoto	1137	m			7	8,11	6,28	1,06	14,02	1,88		19,97	21,82	27,49	104,4			
Kyoto	1271	f	9,11	7,36	6,55	6,96	5,51	1,25	12,87	2,26	165,96	22,59	23,57	4,22	16,1	2,2	13,6	31,6
Kyoto	1297	f	9,31	7,28	6,42	7,61	5,54	1,26	11,95	1,52	177,26	21,49	20	3,78	18,3	2,2	12,1	26,9
Kyoto	1416	f	8,96	7,34	6,06	7,2			12,17	1,78	159,05	23,08	23,22	9,83	27,9	4,1	14,5	37,2
Kyoto	2151	f	10,19	7,64	6,41	8,93	6,47		13,84	2,16	218,44	22,63	20,67	15,28	54,6	5,7	10,4	35,3
Kyoto	2253	m	9,55	8,4	7,43	6,6	8,26	1,36	13,75	2,15	197,91	22,76	22,96	13,88	71,4	8,2	11,5	32,5
Kyoto	2791	f	9,48	8,09	5,01	7,7	5,66		11,94	1,72	156,04	21,11	20,48	9,25	55,5	7,5	13,5	26,7

G Geschlecht; m männlich; f weiblich; SBL Schädelbasislänge; GSL Gesichtsschädellänge; OSH Obergesichtshöhe; MGB Mittelgesichtsbreite; MAB Maxilloalveolarbreite; JBB Jochbogenbreite; IOB Interorbitalbreite; GSV Gesichtsschädelsvolumen; OL Volumen der linken Orbita; SML Volumen des Sinus maxillaris; OR Volumen der rechten Orbita; SMR Volumen des rechten Sinus maxillaris; IR = SMR/OR x 100; I_{SM} = SMR/GSV x 100; I_O = OR/GSV x 100; I_{RLCSR} = LCSR/GSL x 100

Eidesstaatliche Erklärung

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

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät und keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung vorgelegt worden.

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

Datum

Maximilian Strümpel