

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Universität Würzburg

Direktorin: Professor Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer

**Anomalien des progenen Formenkreises –
eine vergleichende Untersuchung**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Caroline Barth

aus Krefeld

Würzburg, März 2014



Referentin: Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer

Koreferent: Priv.-Doz. Dr. Dr. Urs Müller-Richter

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 15.09.2014

Die Promovendin ist Zahnärztin.

Meinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
1. Einleitung	1
1.1. Sella turcica.....	1
1.1.1. Anatomische Grundlagen.....	1
1.1.2. Embryologie und Entwicklung	8
1.1.3. Morphologie der Hypophyse	11
1.1.4. Anomalien und Besonderheiten der Sella turcica	14
1.2. Malokklusionen.....	23
1.2.1. Definition und Entstehung	23
1.2.2. Progener Formenkreis und Diagnostik	24
1.2.3. Therapie der skelettalen Klasse III	27
1.3. Röntgenologische Diagnostik	29
1.3.1. Fernröntgenseitenbild	30
1.3.2. Digitale Volumentomographie	32
2. Fragestellung	35
3. Patienten und Methode	36
3.1. Patienten	36
3.1.1. Erklärung zum Datenschutz.....	38
3.2. Methoden	39
3.2.1. Röntgengeräte	39
3.2.2. Röntgenkephalometrische Analyse der kraniofazialen Strukturen.....	40
3.2.3. Dreidimensionale Analyse der kraniofazialen Strukturen.....	43
3.3. Methodenfehler nach Dahlberg (Reliabilitätsprüfung)	47
3.4. Beschreibung des statistischen Verfahren.....	48
4. Ergebnisse	49
4.1. Methodenfehler der kephalometrischen Analyse	49
4.2. Methodenfehler der dreidimensionalen Analyse	50
4.3. Ergebnisse der kephalometrischen Analyse	51

4.4. Dreidimensionale Metrik der Sella (Klasse III versus Kontrollgruppe)	53
4.5. Dreidimensionale Metrik der Sella (Geschlechtervergleich)	55
4.6. Dreidimensionale Morphologie der Sella (Klasse III versus Kontrollgruppe)	57
4.7. Dreidimensionale Morphologie der Sella (Geschlechtervergleich)	59
5. Diskussion	60
5.1. Vergleich zu anderen Autoren	69
5.2. Methodenfehler	73
5.3. Schlussfolgerung	74
6. Zusammenfassung	75
7. Literaturverzeichnis	77
8. Abkürzungsverzeichnis	91
9. Anhang	93
9.1. Seltene Variationen der Sella turcica	93
9.2. Zweidimensionale Analyse	95
9.3. Dreidimensionale Analyse	98
9.4. Tabellarischer Studienvergleich	102
10. Danksagung	
11. Lebenslauf	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schädelbasis von innen.....	2
Abbildung 2: Schädelbasis von lateral.....	3
Abbildung 3: Morphologische Erscheinungsformen der Sella turcica	4
Abbildung 4: Übersicht über die anatomischen Verhältnisse im Bereich der Sella turcica.....	5
Abbildung 5: parafrontale Ansicht des Sinus cavernosus.....	6
Abbildung 6: Sella turcica in Draufsicht mit CCF	16
Abbildung 7: Sella turcica in Lateralansicht mit CCF	16
Abbildung 8: schematische Darstellung des Caroticoclinoid-Foramen Typ I..	17
Abbildung 9: schematische Darstellung eines Sella-Bridging.....	17
Abbildung 10: Ausprägungsformen der Sella	18
Abbildung 11: schematische Darstellung einer Kathodenstrahlröhre zur Generierung von Röntgenstrahlen	29
Abbildung 12: schematische Darstellung von Aufbau und Strahlengang eines CBCT-Gerätes.....	33
Abbildung 13: GALILEOS Comfort [®]	39
Abbildung 14: KaVo 3D exam [®]	39
Abbildung 15: beispielhaftes Fernröntgenseitenbild aus DVT-Datensatz generiert	40
Abbildung 16: schematische Darstellung der röntgenkephalometrischen Analyse	41
Abbildung 17: Sella turcica in Draufsicht	43
Abbildung 18: Sella turcica in Lateralansicht	44
Abbildung 19: Sella turcica in Draufsicht mit beidseitigem Caroticoclinoid-Foramen.....	93
Abbildung 20: Sella turcica in Draufsicht mit rechtsseitiger dünner Knorpel-Knochen-Verbindung zwischen den Processūs	94
Abbildung 21: Sella turcica in Draufsicht - die Processūs clinoidi posteriores überragen die Fossa hypophysialis und berühren fast das Tuberculum	94

Abbildung 22: dreidimensional dargestellter Schädel in Frontalansicht..... 98
Abbildung 23: dreidimensional dargestellter Schädel in Lateralansicht 99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung des Patientengutes bezüglich Geschlecht und skelettaler Klasse	36
Tabelle 2: röntgenkephalometrische Analyse zur Vermessung der Sella turcica	41
Tabelle 3: dreidimensionale Analyse zur Vermessung der Sella turcica.....	45
Tabelle 4: Reliabilitätsprüfung nach Dahlberg bezüglich der Sellamessungen in der zweidimensionalen Analyse	49
Tabelle 5: Reliabilitätsprüfung nach Dahlberg bezüglich der Sellamessungen in der dreidimensionalen Analyse	50
Tabelle 6: Ergebnisse der kephalometrischen Analyse im Gruppenvergleich .	52
Tabelle 7: Dreidimensionale Metrik der Sella turcica im Gruppenvergleich	54
Tabelle 8: Dreidimensionale Metrik der Sella turcica im Geschlechtervergleich	56
Tabelle 9: Dreidimensionale Morphologie der Sella turcica im Gruppenvergleich	58
Tabelle 10: Dreidimensionale Morphologie der Sella turcica im Geschlechtervergleich	59
Tabelle 11: vergleichende Darstellung der Ergebnisse von der vorliegenden Studie, Axelsson, Meyer-Marcotty, Jones und Camp.....	102

1. Einleitung

1.1. Sella turcica

Zur kieferorthopädischen Diagnostik und Behandlungsplanung werden laterale Röntgenbilder des Schädels, sogenannte Fernröntgenseitenbilder (FRS) verwendet. Um den Behandlungsverlauf auswerten zu können, nutzt man definierte röntgenologisch sichtbare und daraus konstruierte Punkte. Mittels dieser Punkte können skelettale und dentale Parameter beurteilt werden [56, 91].

1.1.1. Anatomische Grundlagen

Die Schädelbasis ist in drei Teile, die sogenannten Fossae cranii (*deutsch*: Schädelgruben), unterteilt (Abb.1). Die Fossa cranii anterior besteht von anterior nach posterior gesehen aus Os frontale, Os ethmoidale sowie dem Corpus und den Alae minores des Os sphenoidale [28]. Die Fossa cranii media wird von der vorderen Grube durch die Furche, die durch den Sulcus chiasmaticus entsteht, getrennt. Dieser mittlere Grubenabschnitt besteht aus Os sphenoidale und Os temporale. Die Facies anteriores partis petrosae der Pars petromastoidea deuten den Übergang von der mittleren zur hinteren Schädelgrube an [28]. Die Fossa cranii posterior besteht aus Os temporale und Os occipitale und in kleinen Anteilen auch aus Os sphenoidale und Os parietale [28].

Bei der Analyse der Fernröntgenseitenbilder nimmt die Sella turcica eine zentrale Rolle in der Diagnostik des kraniofazialen Komplexes ein. Der Punkt S für die Sella turcica wird im Fernröntgenseitenbild, welches die Median-Sagittal-Ebene darstellt, zentral in der Fossa hypophysialis gesetzt. Der Punkt Se für den Sellaeingang liegt mittig auf der Strecke zwischen den Processus clinoidei posteriores und dem Tuberculum sellae [80, 91].

1. Einleitung

Die Sella turcica liegt in der mittleren Schädelgrube und hat eine schüsselförmige Formation, welche die Hypophyse beinhaltet. Der Name Sella turcica leitet sich von der damals bei den Türken verwendeten Form der Pferdesättel ab [78].

Die Sella selbst ist Teil des Os sphenoidale (*deutsch*: Keilbein) und gliedert sich wiederum in verschiedene Bestandteile auf (Abb.1).

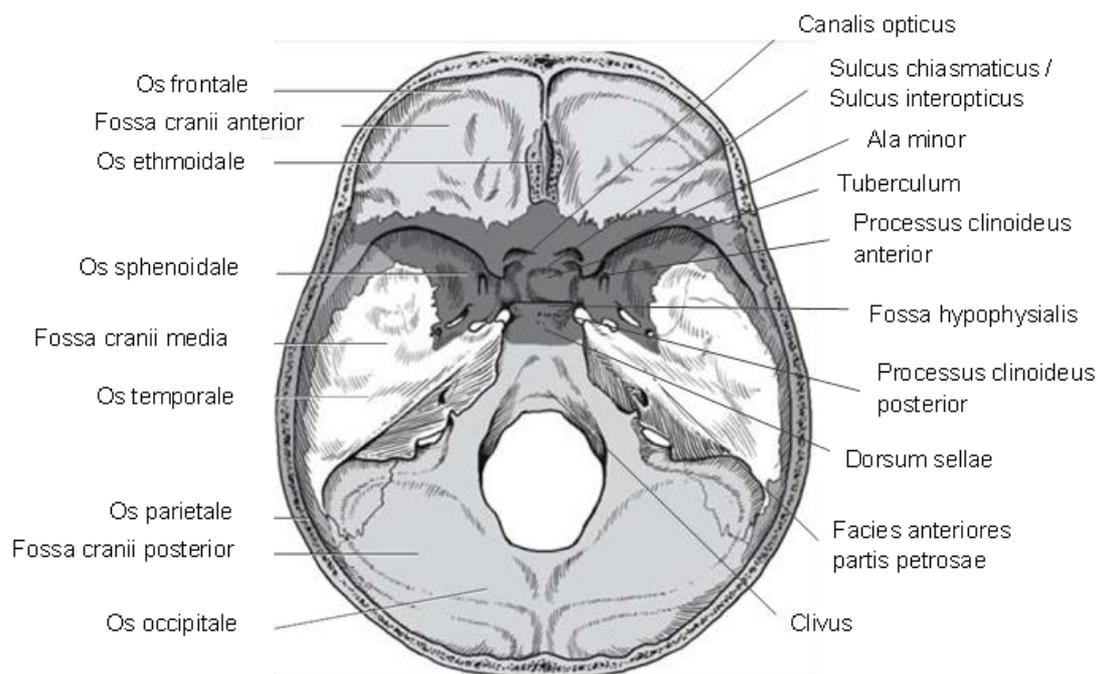


Abbildung 1: Schädelbasis von innen, Quelle: [95] modifiziert.

Anterior liegen die Alae minores des Os sphenoidale sowie das Tuberculum sellae. Das Chiasma opticum liegt in einer Auskehlung, dem Sulcus chiasmaticus, vor dem Tuberculum. Die beiden Canales optici liegen lateral dieses Sulcus, der auch Sulcus interopticus genannt wird, und medial der Processuum clinoides anteriores [71, 74, 87]. Die Alae minores des Os sphenoidale bilden dorsal die Processus clinoides anteriores. Diese sind kleine knöcherne, stumpfe Vorsprünge Richtung Dorsum sellae. In ihrer Ausprägung sind die vorderen Processus sehr variabel und im Vergleich zu den Processus clinoides posteriores auch eher größer [10, 18, 55]. Gelegentlich zeigt sich auch medial dieser Processus ein zweites Paar Knochenvorsprünge, die dem Tuberculum sellae entstammen. Diese Knochenformationen werden Processus

1. Einleitung

clinoidei mediales genannt und besitzen die gleiche Ausrichtung wie die Processūs clinoides anteriores [74, 87].

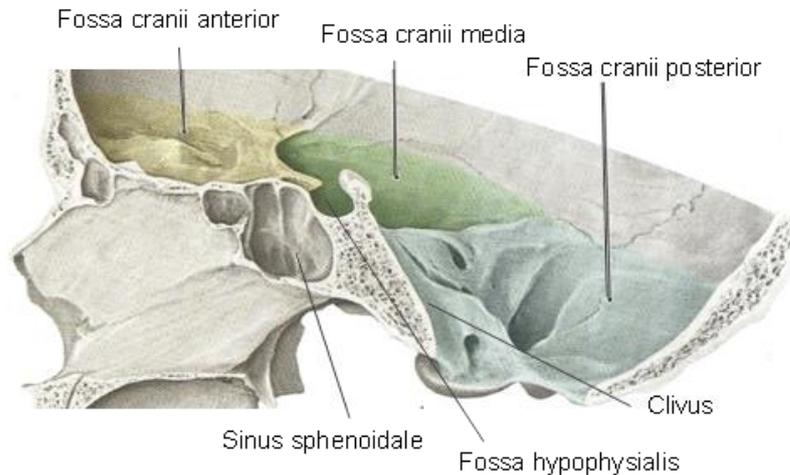


Abbildung 2: Schädelbasis von lateral, Quelle:[97] modifiziert.

Der Boden der Sella liegt direkt über dem Sinus sphenoidale [74], auch Keilbeinhöhle genannt (Abb.2). Der Sinus gehört zu den Nasennebenhöhlen. Im anterioren Bereich kann der Sellaboden sogar $\leq 1\text{mm}$ dünn sein, nach posterior gewinnt er etwas an Dicke hinzu [13, 34]. Der Boden wird lateral durch den Sinus cavernosus begrenzt [34]. Zagga [115] und Lang [66] berichten, dass der Boden der Sella turcica in etwa der Hälfte der Fälle konkav gestaltet ist, andere aber deutlich seltenere Formen sind Plateaus oder konvexe Formen.

Dorsal liegt der Dorsum sellae, welcher in den Clivus übergeht und bereits zur hinteren Schädelgrube gehört. Die Dicke des Dorsum schwankt zwischen zwei und sieben mm und ist sowohl anterosuperior als auch posterior konkav gestaltet. In der Mitte des Dorsum, wo auch die Hypophyse eingelagert ist, ist die dünnste Stelle zu finden [74, 87].

Das Dach der Sella turcica wird durch eine Duplikatur des Tentorium cerebelli aus der Dura mater gebildet und nennt sich Diaphragma sellae. Dieses Dach ist leicht in Richtung Sella eingezogen. Diese Dura-Schicht besitzt eine kleine Öffnung durch die das Infundibulum, der Stiel der Hypophyse, hindurchtritt und sich dann mit dem Boden des III. Ventrikels verbindet. Das Diaphragma ist an

den Processūs clinoides anteriores und posteriores befestigt [12, 28, 65, 87, 107].

Die knöcherne Form der Sella turcica kann zum Teil etwas abgewandelt in Erscheinung treten, was bei Frauen leicht häufiger als bei Männern zu sehen ist. Axelsson fand in seiner Untersuchung fünf verschiedene morphologische Besonderheiten der Sella, die unterschieden werden können [10]. Er beschrieb das auch in der vorliegenden Studie wichtige Merkmal des Sella-Bridging, weiterhin fand er Doppelkonturen des Sellabodens, eine stark geneigte anteriore Wand, Einkerbungen im hinteren Teil des Dorsum sellae oder ein pyramidenförmiges Dorsum sellae (Abb.3).

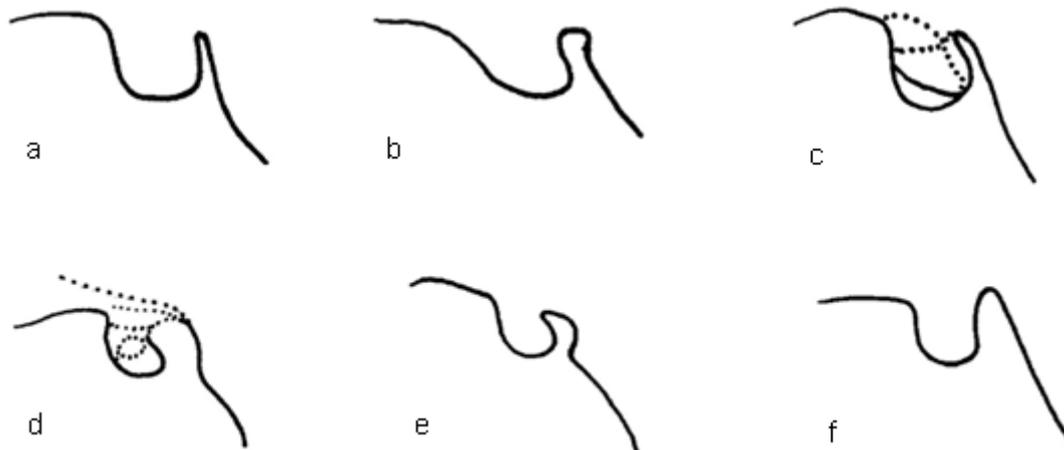


Abbildung 3: Morphologische Erscheinungsformen der Sella turcica; a - normale Sella, b - stark geneigte anteriore Wand, c - Doppelkontur des Sellabodens, d - Sella-Bridging, e - Einkerbung im hinteren Teil des Dorsum sellae, f - pyramidenförmiges Dorsum sellae; Quelle:[10] modifiziert.

Das Sellawachstum gilt mit dem 25. Lebensjahr als komplett abgeschlossen [10, 71]. Während Kinder in rund 70% der Fälle eine runde Form der Sella turcica aufweisen, tritt diese Formation im Erwachsenen Schädel bezüglich ihrer Häufigkeit an die zweite Stelle. Beim Erwachsenen ist die ovale Konfiguration mit 58% am häufigsten, gefolgt von der runden Form mit 24% und der flachen

1. Einleitung

mit 17% [18, 71, 75]. Auch Alkofide zeigte in einer kephalometrischen Untersuchung der Sella turcica beim Vergleich zwischen einer Gruppe mit Patienten im Alter von 10-14 Jahren und einer mit 15-26-Jährigen sowie mit einer Unterteilung in die skelettalen Klassen I, II und III, dass die Sella deutlichen Formveränderungen während der Entwicklung unterworfen ist [4]. Zwischen den beiden Altersklassen waren bezüglich der Dimension signifikante dimensionale Unterschiede feststellbar, die sich durchweg durch eine Vergrößerung der Sella im Verlauf von der ersten zur zweiten Gruppe zeigten. Am Ende des Wachstums lagen die Maße dann für beide Geschlechter bei etwa ähnlichen Werten [4].

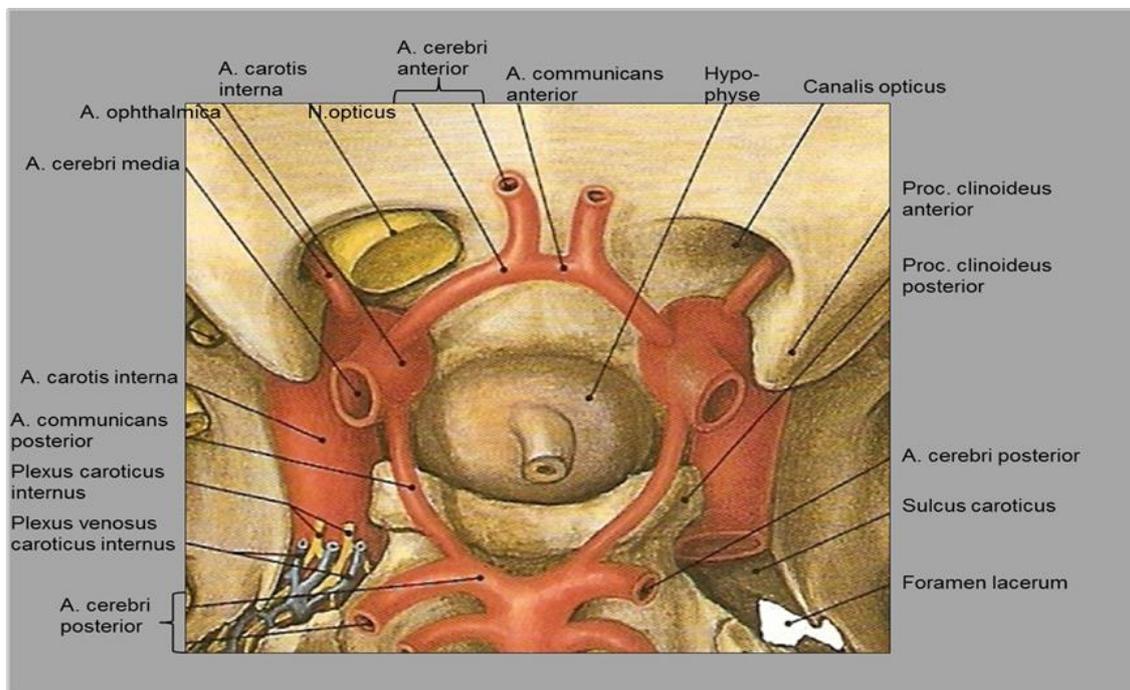


Abbildung 4: Übersicht über die anatomischen Verhältnisse im Bereich der Sella turcica, Quelle:[89] modifiziert.

Aus der Arteria carotis interna, die durch den Canalis caroticus in die Schädelbasis eintritt, gehen alle wichtigen Gefäße für die Blutversorgung (Abb.4) in der Region der Sella turcica ab. Die Arteria carotis interna besteht aus vier Abschnitten: Pars cervicalis, Pars petrosa, Pars cavernosa und Pars cerebralis [12]. Der in dem Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit

1. Einleitung

wichtigste Abschnitt ist die Pars cavernosa. Dieser Bereich verläuft innerhalb des Sinus cavernosus und ist S-förmig gekrümmt. Die Krümmung, die im und nach Verlassen der Sinus cavernosus zu sehen ist, nennt man Siphon caroticum [2, 12, 65]. Platzer schrieb über diese Verlaufsform der Arterie, dass neben der S-Form auch gestreckte Varianten oder eine Mittelform beider Erscheinungen auftreten können [86]. Im Abschnitt der Pars cavernosa wird die Arteria hypophysialis inferior abgegeben und im Abschnitt der Pars cerebralis zweigt sich die Arteria hypophysialis superior ab. Diese beiden Äste dienen der Versorgung der Hypophyse. Die Arteria hypophysialis superior versorgt das Infundibulum und die Adenohypophyse, und die Arteria hypophysialis inferior versorgt die Pars nervosa der Neurohypophyse [5, 12].

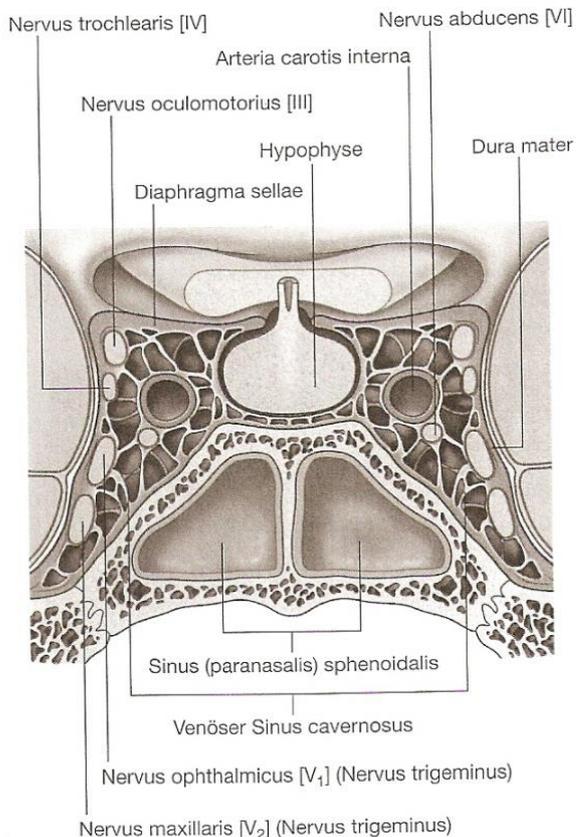


Abbildung 5: parasagittale Ansicht des Sinus cavernosus, Quelle: [28].

Der Sinus cavernosus führt beidseits der Hypophyse entlang (Abb.5). Er nimmt Zuflüsse der Venae cerebri, der Venae ophthalmicae, der Venae emissariae aus dem venösen Plexus pterygoideus und den Sinus sphenoparietalis auf [28].

1. Einleitung

Der cavernöse Sinus geht in den transversalen Sinus über und mündet dann in der Vena jugularis. Der Sinus cavernosus ist von Septen und Trabekeln durchzogen. Im Sinus cavernosus selbst sind noch die Arteria carotis interna und der Nervus abducens, der 6. Hirnnerv, der den Musculus rectus lateralis innerviert, zu finden. In der seitlichen Wand des Sinus cavernosus sind noch vier weitere Hirnnerven anzutreffen. Die Wand besteht aus einer oberflächlichen und einer tieferen Schicht, die beide aus Dura mater bestehen. Zu den vier Hirnnerven zählt der Nervus oculomotorius, der 3. Hirnnerv, welcher die Muskeln im Bereich des Auges parasymphatisch und motorisch innerviert. Der Nervus trochlearis, der 4. Hirnnerv, innerviert den Musculus obliquus superior motorisch. Der erste Ast des Nervus trigeminus (5. Hirnnerv) ist der Nervus ophthalmicus und dient der sensiblen Innervation in den Bereichen der Augen, der Nase und der vorderen Kopfschwarte. Der vierte Nerv, der in der lateralen Wand des Sinus verläuft, ist der Nervus maxillaris, der zweite Ast des Nervus trigeminus. Dieser Nerv versorgt die Dura mater der vorderen und mittleren Schädelgrube, wie auch das untere Augenlid, die Nasenflügel, die Wange, den Sinus maxillaris, den Nasopharynx und den Gaumen sensibel [28, 34, 65].

1.1.2. Embryologie und Entwicklung

Nach der Befruchtung und der Einnistung der Zygote im Uterus entsteht in der dritten Embryonalwoche die Keimscheibe, die aus Hypoblast und Epiblast gebildet wird, zusammen mit weiteren Strukturen unter anderem dem Primitivstreifen, der Primitivrinne und dem Primitivknoten. Dieser Entwicklungsschritt ist die Voraussetzung für die Ausbildung der drei Keimblätter – Ektoderm, Mesoderm und Entoderm – und der damit verbundenen weiteren Organ- und Gewebeentwicklung [95]. Als Prächordalplatte wird eine am 14. Tag stattfindende kraniale Gewebsveränderung, in der Ebene des Entoderms liegend, bezeichnet. Sie ist sehr wichtig für die Entwicklung des Kopfes und wird auch als prächordales Mesoderm bezeichnet. Die Chorda dorsalis, eine röhrenförmige Struktur, die aus Zellen des Primitivknotens entstanden ist, legt die Mittelachse fest. Sie liegt mit ihrem anterioren Anteil vor der Prächordalplatte. An dieser anterioren Stelle der Chorda dorsalis wird auch später die Hypophyse platziert sein [12, 105]. In der 4.-5. intrauterinen Woche wird im Fötus die Hypophysenanlage nachweisbar [36]. Ab dem 40. intrauterinen Tag entwickelt sich aus dem ektomeningealen Mesenchym Knorpelgewebe, das die Schädelbasis formt [105]. Das Os sphenoidale, dessen vorderer Abschnitt, auch Präsphäenoid genannt, zur vorderen Schädelgrube und dessen hinterer Abschnitt, der auch als Basissphäenoid oder Postsphäenoid bezeichnet wird, zur mittleren Schädelgrube gehören, entwickelt sich aus 18 oder 19 verschiedenen Ossifikationszentren. Die Verbindungslinie zwischen den beiden Abschnitten, die Synchrondrosis intrasphäenoidalis, verknöchert kurz vor der Geburt [65, 71]. Das Postsphäenoid entsteht beidseits des Hypophysenstiels aus je zwei paarig angelegten Verknöcherungszentren im Basissphäenoid [105]. Aus dem Präsphäenoid entwickeln sich die Alae minores des Os sphenoidale sowie der vordere Anteil der Sella [71]. Im 4. intrauterinen Monat entsteht aus dem Postsphäenoid die Sella turcica, das Dorsum sellae und der posteriore Teil des Corpus sphenoidale [105]. Im Os sphenoidale finden vor allem enchondrale Ossifikationsprozesse statt. Die Sella turcica besitzt somit zum Zeitpunkt der Geburt eine wiedererkennbare Form, verändert sich aber weiterhin in den

1. Einleitung

Dimensionen und der Lage durch verschiedene Wachstumsprozesse. Bis zum fünften beziehungsweise sechsten Lebensjahr sind im vorderen Bereich der Sella abwechselnd Phasen von Wachstum und Stillstand zu erkennen, danach sind die Wachstumsprozesse in den meisten Fällen abgeschlossen. Auch das Dorsum sellae ossifiziert erst postnatal durch ein weiteres Verknöcherungszentrum, das bis zum sechsten beziehungsweise achten Lebensjahr durch enchondrale Ossifikation Aktivität zeigt [73, 87, 104].

Die Kapsel der Hypophyse ist in der ganzen Zeit der Entwicklung eng mit dem knorpeligen Gerüst des Dorsum sellae verbunden [67].

Kjaer untersuchte an 73 menschlichen Föten, die der ersten Hälfte der pränatalen Entwicklungsphase entstammten, wie die Ossifikation des Schädelknochens in sagittaler Richtung verläuft. Hierbei entdeckte sie einen in sieben Reifungsstadien ablaufenden Verknöcherungsablauf. Kjaer erkannte, dass die Ossifikation im Bereich neben dem Foramen magnum beginnt. Von dort aus schreiten die Verknöcherungsprozesse in Richtung anterior voran. In weiteren Schritten werden dann Os occipitale, Os basisphenoidale einschließlich der Sella turcica, Os presphenoidale und zum Schluss – im letzten Schwangerschaftstrimester – Os ethmoidale verknöchert. Das Dorsum sellae ist zum Zeitpunkt der Geburt ossifiziert [59, 61].

Enlow berichtet in seinem Buch über das Gesichtswachstum, dass in den kortikalen Flächen der Sella turcica das Wachstum appositionell stattfindet [33]. Im oberen Bereich der posterioren Wand der Sella kommt es zu resorptiven Vorgängen. Der Boden der Sella turcica und auch die anteriore und posteriore Begrenzung werden maßgeblich durch das umgebende Weichgewebe beeinflusst [33]. Insgesamt kommt es laut Latham zu einer während des Wachstums stattfindenden Verlagerung der Sella turcica nach unten und hinten [67, 73].

Die mittlere Schädelgrube sinkt während der Entwicklung von der Geburt bis zum Erwachsenen merklich ab. Sie bleibt aber von der Grundausrichtung her gleich [65].

1. Einleitung

Melsen zog die Erkenntnis, dass man in bestimmten Abschnitten des Lebens ein starkes Wachstum der Sella beobachten kann. Wachstumsschübe erkennt man demnach in den ersten Lebensjahren und dann nochmal während der Pubertät [73]. Im Alter zwischen 16 und 19 Jahren lässt das Wachstumspotential allmählich nach [73]. Laut Abdel-Kader kommt es sogar bereits ab dem zwölften Lebensjahr zu keinen signifikanten Änderungen mehr an der Sella turcica [1].

1.1.3. Morphologie der Hypophyse

Die Hypophyse gehört dem endokrinen System an und hat ein Gewicht von unter einem Gramm. Es lassen sich zwei Teile unterscheiden: die Adenohypophyse, die aus Pars tuberalis, Pars intermedia und Pars distalis zusammengesetzt ist; und die Neurohypophyse, die sich in die Pars nervosa, das Infundibulum und eine mediane Aufwölbung unterteilen lässt [5, 30].

Kjaer [60] untersuchte an 31 menschlichen Embryonen und Föten die Entstehung und Entwicklung der Hypophyse und veröffentlichte etwas später noch eine weitere Abhandlung zu dem gleichen Thema; und auch FitzPatrick und Ikeda veröffentlichten Artikel zu dieser Thematik [34, 53, 61]: Die Hypophyse besteht aus zwei Anteilen, die unterschiedlichen Geweben entspringen. Die Adenohypophyse entwickelt sich aus der Rathke-Tasche. Sie wiederum entsteht aus einer ektodermalen Ausstülpung der Wand dieser Struktur. Die Adenohypophyse entsteht aus der vorderen Wand; die Pars intermedia hingegen hat ihren Ursprung in der hinteren Wand. Die Neurohypophyse ist eine Verlängerung aus dem Neuroektoderm, das aus dem Diencephalon entstammt. Die Entstehung der Hypophyse beginnt in der 3. intrauterinen Woche. Die Adenohypophyse nimmt, nachdem sie entlang des kraniopharyngealen Ductus Richtung Schädel gewandert ist, Kontakt mit der Ausstülpung des Diencephalons, also dem Neurohypophysenanteil, auf. In der 6. Woche ist trotz enger Verbindung der beiden Hypophysenanteile der pharyngohypophyseale Stiel zu erkennen, der sich erst in der darauffolgenden Woche von der Hormondrüse löst [34, 53, 60, 61].

Elster et al. [31] untersuchten 1990 169 MRTs von Kindern im Alter von 1-10 Jahren, Jugendlichen im Alter von 11-20 Jahren und jungen Erwachsenen in einem Alter von 21-30 Jahren. Bei Kindern unter zwölf Jahren überschritt die Hypophyse nie die Höhe von sechs Millimeter. Zu einer Hypertrophie der Drüse kam es während der Pubertät, wobei sie beim weiblichen Geschlecht deutlich stärker ausgeprägt auftrat. Die Frauen besaßen im jungen Erwachsenenalter signifikant größere Hypophysen als Männer. Das männliche Geschlecht zeichnete sich durch flache oder leicht konkave Hormondrüsen aus, die sich

auch während der Entwicklung kaum veränderten. Frauen hingegen zeigten im Laufe der Entwicklung deutliche Veränderungen. Während in der Kindheit die Drüsen wie bei den Jungen flach beziehungsweise konkav geformt waren, änderten sie sich bis zum jungen Erwachsenen hin zu einer konvexen Form.

Der deutliche Wachstumsschub der Hypophyse während der Pubertät ist laut Argyropoulou [8] in einer Hypersekretion des luteinisierenden Hormons begründet.

1991 beschäftigte sich Elster mit der Formveränderung der Hypophyse während der Schwangerschaft und nach der Geburt [32]. Die Untersuchung wurde an MRTs von 38 schwangeren Frauen und Frauen nach der Niederkunft sowie an 30 nicht schwangeren weiblichen Patientinnen in äquivalentem Alter durchgeführt. Im Verlauf der Schwangerschaft stieg die Höhe der Drüse linear um 0,08 mm pro Woche an, allerdings wurde im Verlauf der Schwangerschaft insgesamt eine Höhe von 10 Millimetern nie überschritten. Zudem wurde die Hypophyse mit fortlaufender Schwangerschaft immer konvexer. Kurz nach der Geburt war die Hypophyse im Durchschnitt 9,3 mm groß. Fünf von zwölf Probanden wiesen unmittelbar nach der Niederkunft sogar eine Hypophysengröße von 10,0 bis 11,8 mm auf. Eine Rückkehr zur normalen Größe fand zügig nach der ersten postnatalen Woche statt [32]. In Studien anderer Wissenschaftler fand der Autor heraus, dass die Gewichtszunahme der Hypophyse in der Schwangerschaft zwischen 30% bis 100% lag und dass der ansteigende Östrogenspiegel mit der Hypertrophie der lactotropen Zellen in der Adenohypophyse korrelierte [13, 32, 114]. Dieser lactotrope Zelltyp stellte die Hälfte aller Zellen der Hypophyse am Ende der Schwangerschaft dar [32, 38]. Danziger gibt an, dass die schwangerschaftsbedingte Volumenzunahme der Hypophyse sich keineswegs in knöchernen Umbauvorgängen widerspiegelt – viel eher dehnt sich die Drüse zu den Sinūs cavernosūs hin aus [22]. Da trotz Zellrückbildung nach der Gravidität immer noch einige „Schwangerschaftszellen“ übrig bleiben, kann es dazu führen, dass es nach mehreren Schwangerschaften insgesamt doch zu einer deutlichen

1. Einleitung

Vergrößerung der Hypophyse kommt. Diese Tatsache beeinflusst allerdings nicht die knöchernen Dimensionen der Sella turcica [71].

Elster [30] stellte eine sehr einprägsame Regel zur Höhe der Hypophyse in verschiedenen Lebensabschnitten auf. Die „6, 8, 10, 12 – Regel“ gibt die maximale nicht pathologische Größe an:

- 6 mm für Kleinkinder und Kinder
- 8 mm für Männer und Frauen nach den Wechseljahren
- 10 mm für gebärfähige Frauen
- 12 mm für die späte Schwangerschaftsphase und direkt nach der Geburt.

1.1.4. Anomalien und Besonderheiten der Sella turcica

Das Bridging der Sella turcica ist eine Abwandlung von der typischen Erscheinungsform der Sella [10]. In der Nomenklatur tauchen für diese Erscheinungsform verschiedene Bezeichnungen auf [83]: Taenia interclinoidea [45, 65, 86], Sella-Bridging [64, 65] und interclinoidale knöcherner Brücke [54]. Hierbei kommt es zu einer Verbindung des Processus clinoideus anterior (PCA) mit dem Processus clinoideus posterior (PCP) (Abb.6, 7 und 9). Eine weitere Besonderheit ist die Bildung eines Caroticoclinoid-Foramens (CCF). Es handelt sich um einen Verbund von Processus clinoideus anterior mit Processus clinoideus medialis (PCM), der laut Neiss als Caroticoclinoid-Foramen Typ I bezeichnet wird [79] (Abb.6, 7 und 8). Eine Verbindung von Processus clinoideus anterior, medialis und posterior wird Caroticoclinoid-Foramen Typ II genannt [79] (Abb.6 und 7). Auch in der Studie von Archana ist die Rede von diesen knöchernen Formationen [7]. Er gibt für ein Caroticoclinoid-Foramen Typ II eine Häufigkeit von 5,6% bei den 250 von ihm untersuchten indischen Schädeln an, wobei sich diese Angabe noch in 0,8% bilaterale und 4,8% unilaterale Fälle unterteilen lässt [7]. Diese Vereinigung aller drei Processus bringt nicht nur ein Caroticoclinoid-Foramen hervor, sondern auch ein posterior davon gelagertes weiteres interclinoidales Foramen. Dieses Foramen wird gebildet aus dem Processus clinoideus posterior und der Verbindung von Processus clinoideus anterior und medialis [7].

Die Entstehung knöcherner Verbindungen zwischen den Processus beruht auf Gewebsverkalkungen, die durch die Ablagerung von Kalziumphosphat- und Kalziumkarbonathaltigem Kalk entstehen [71]. Damit sich Kalk im Gewebe überhaupt anlagern kann, muss das Gewebe zum einen überhaupt die Voraussetzungen erfüllen ossifizierbar zu sein und zum anderen muss es in der Lage sein den Kalk anzulagern, wenn er über den Blutweg dorthin transportiert wird [71]. Die Dura mater hat beispielsweise die Fähigkeit Kalk anzulagern und Knochen zu bilden [71]. Unterstützt wird ein solcher Prozess von Proteinen [104]. Der Grund für diese klare Zuordnungsmöglichkeit der einzelnen Typen von Verbindungen im Bereich der Sella turcica und deren immer gleichförmig

1. Einleitung

auftauchende Gestalt liegt an einem zugrundeliegenden klaren Muster, das bereits im Embryonalstadium vorhanden ist. In der Embryonalzeit sind beispielsweise die Processūs clinoides anteriores mit den posterioren Knochenvorsprüngen durch Knorpel verbunden [71, 77]. Diese Knorpelanlagen bilden sich zurück und werden zu bindegewebigen Durasepten oder es kommt zur knöchernen Umbildung des Knorpels [71, 77]. Vom Dorsum sellae aus strahlen Ligamente, also verdichtete Strukturen der Dura mater, nach vorne und hinten aus [37]. Entlang dieser Verbindungen kann sich dann Kalk anlagern und es kommt zur Ossifikation. Bereits im Jahr 1940 stellte Hochstetter [45] bei der Untersuchung von Keimlingen fest, dass die Processūs teilweise knorpelige, teilweise bindegewebige Verbindungen aufwiesen und erhob die Hypothese, dass sich zumindest die knorpeligen Verbindungen bei fortschreitender Entwicklung in knöcherne umgewandelt hätten. Und Lang [64] bestätigt diese Aussage, indem er von Sella-Bridgings bei Neugeborenen berichtet, und auch Neiss [79] berichtet von Caroticoclinoid-Foramina im frühen Kindesalter.

Die drei Typen von Processūs clinoides (Processus clinoides anterior – PCA; Processus clinoides medialis – PCM; Processus clinoides posterior – PCP) können sich auf verschiedenste Art und Weise miteinander verbinden [7, 79]:

- PCA+PCM anteriores interclinoidales Foramen, Caroticoclinoid-Foramen Typ I (Abb.6, 7 und 8)
- PCA+PCM+PCP Caroticoclinoid-Foramen Typ II (Abb.6 und 7)
- PCA+PCP Sella-Bridging, Sella-turcica-Brücke (Abb.9)
- PCM+PCP posteriores interclinoidales Foramen.

Eine Verbindung von Processus clinoides medialis mit Processus clinoides posterior tritt sehr selten auf [7].

Neben den oben genannten immer gleichförmig auftauchenden Formationen der Sella turcica, treten weitere extrem seltene Variationen auf. Auch in der aktuellen Analyse konnten solche Abwandlungen von den bekannten Erscheinungsformationen gefunden werden (Kapitel 9.1.).

1. Einleitung

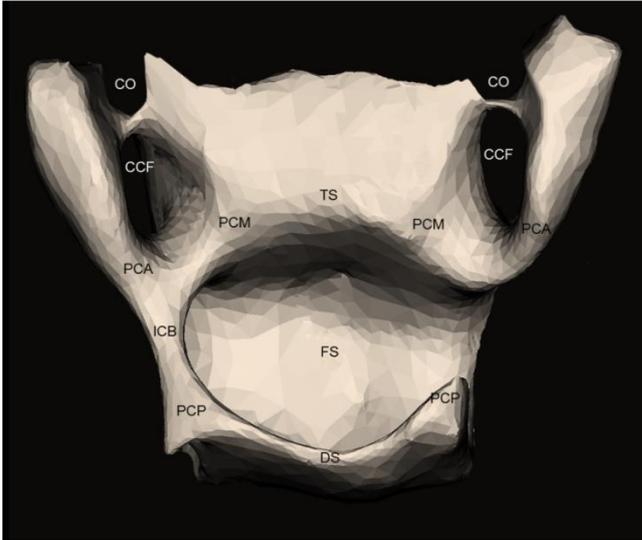


Abbildung 6: Darstellung der Sella turcica in Draufsicht mit CCF; rechtsseitiges Caroticoclinoid-Foramen Typ I und linksseitiges Caroticoclinoid-Foramen Typ II (Abkürzungen: CO: Canalis opticus; CCF: Caroticoclinoid-Foramen; PCA: Processus clinoides anterior; ICB: interclinoidale Brücke; PCM: Processus clinoides medialis; TS: Tuberculum sellae; PCP: Processus clinoides posterior; DS: Dorsum sellae; FS: Fossa hypophysialis); Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics® aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

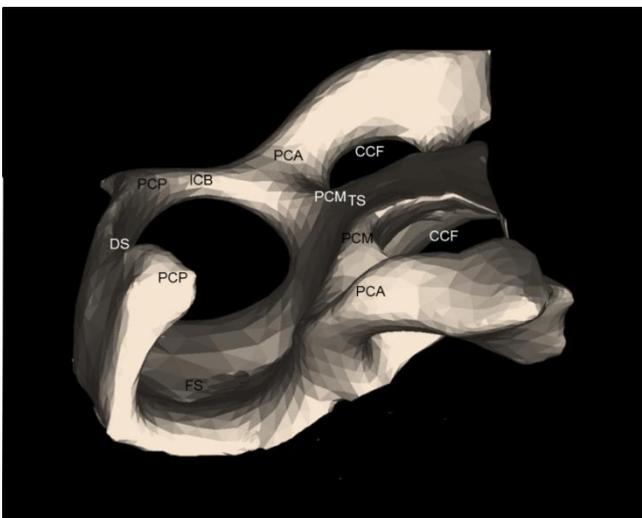


Abbildung 7: Darstellung der Sella turcica in Lateralansicht mit CCF; rechtsseitiges Caroticoclinoid-Foramen Typ I und linksseitiges Caroticoclinoid-Foramen Typ II (Abkürzungen entsprechen Abbildung 6); Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics® aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

1. Einleitung

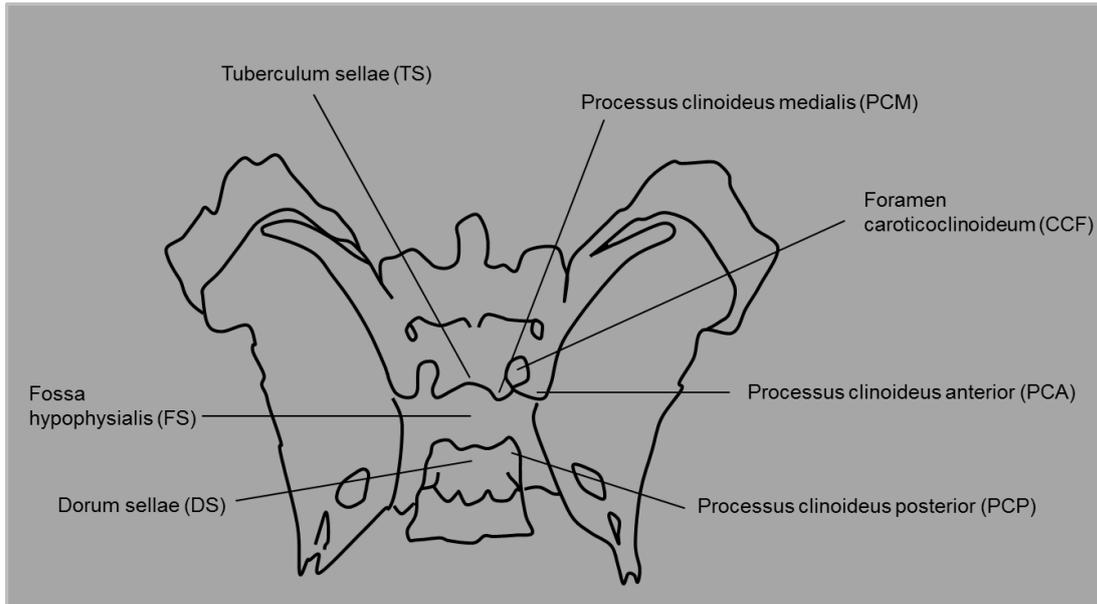


Abbildung 8: schematische Darstellung des Caroticoclinoid-Foramen Typ I (Abkürzungen entsprechen Abbildung 6); eigene Skizze in PowerPoint erstellt, in Anlehnung an: Miller-Keane Encyclopedia and Dictionary of Medicine, Nursing, and Allied Health, Seventh Edition © 2003 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. all rights reserved.

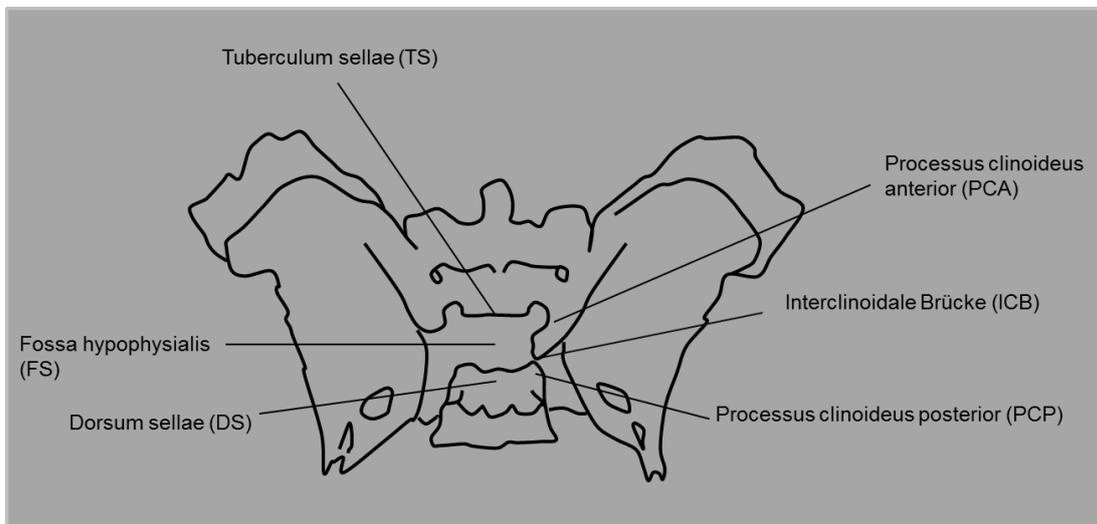


Abbildung 9: schematische Darstellung eines Sella-Bridging (Abkürzungen entsprechen Abbildung 6); eigene Skizze in PowerPoint erstellt, in Anlehnung an: Miller-Keane Encyclopedia and Dictionary of Medicine, Nursing, and Allied Health, Seventh Edition © 2003 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. all rights reserved.

Becktor [11] entwickelte ein System bei dem das Bridging zwei verschiedenen Typen zugeordnet wird, um die Form näher bestimmen zu können (Abb.10):

- Typ A bandartiger Kontakt zwischen Processus clinoides anterior und posterior (Abb.10b)
- Typ B Verbindung zwischen Processus clinoides anterior und posterior, die durch die Verlängerung einer der beiden oder beider Processus entstanden ist (Abb.10c)

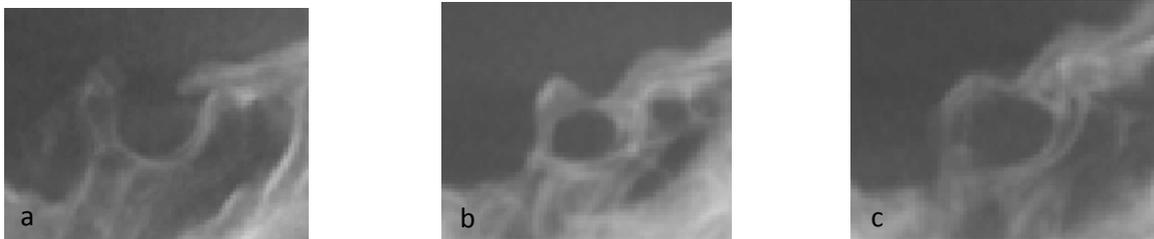


Abbildung 10: Ausprägungsformen der Sella, a – Sella normal, b – Sella bandartige Verschmelzung der Processus (Typ A), c – Sella bei der sich Processus berühren (Typ B); beispielhafte Ausschnitte aus FRS des untersuchten Patientengutes.

Keyes fand bei seinen Untersuchungen an 2187 Schädeln von dunkel- und hellhäutigen Patienten im Alter von 1 Tag bis 105 Jahren heraus, dass das Foramen opticum nicht durch das Vorhandensein einer knöchernen interclinoidalen Brücke eingeengt wird [58]. Auch Müller untersuchte einen möglichen Einfluss der Sellabrücke auf das Auge [77]. Zunächst wollte er mittels 1040 Fernröntgenseitenbilder ermitteln wie häufig ein Bridging durchschnittlich auftauchte. Insgesamt fand er 3,8% Bridgings beziehungsweise 7% Bridgings und Pseudobridgings bei den Patienten. Danach untersuchte er weitere 343 Aufnahmen und fand in 7% der Fälle eine Brückenbildung. Da er bei diesen 21 Fällen kein gehäuftes Auftauchen bestimmter Augenerkrankungen, die im Zusammenhang mit dem Tractus opticus, dem Chiasma oder dem Nervus opticus standen, fand, schloss Müller daraus, dass ein Bridging nicht im Zusammenhang mit einem Augenleiden stand. Für Camp und Bergland erschien ein durch die Sellabrücke ausgelöster Druck auf die

Hypophyse eher unwahrscheinlich, da die knöcherne Verbindung nicht über die Hypophyse direkt verläuft sondern eher seitlich davon orientiert ist [13, 18]. In einer weiteren Studie widerspricht Camp Autoren, die ein Bridging als Auslöser für Diabetes insipidus oder Epilepsie ansehen [17]. Für ihn, wie auch für die in diesem Abschnitt zuvor erwähnten Autoren, verursacht ein Bridging keinerlei Raumeinengung für die Hormondrüse selbst, das Infundibulum oder die beziehungsweise abführenden Gefäße. Diese knöchernen Verbindungen wirken sich somit zwar nicht pathologisch aus, können aber im Zusammenhang mit Erkrankungen und Anomalien stehen [13, 17, 58, 77]. Allerdings wurde von Ozdogmus beschrieben, dass ein Caroticoclinoid-Foramen zu einer Kompression der Arteria carotis interna führen könne [82].

Atypische Sellamorphologien kann man teilweise bereits in Fernröntgenseitenbildern erkennen, wenn man mit der normalen Morphologie der Sella turcica vertraut ist. So ist es möglich zwischen extrem kleinen und vergrößerten Sellae turcicae zu differenzieren. Eine verkleinerte Sella tritt relativ selten auf und kann mit verschiedenen Erkrankungen in Zusammenhang stehen.

So zeigt sich beim *primären Hypopituitarismus* bei den Betroffenen neben einer verkleinerten Sella auch ein retardiertes Körperwachstum. Erste Anzeichen können in der Kindheit durch ein Fehlen von Sexualhormonen auftreten. Außerdem leiden die Personen an einem Mangel der Schilddrüsenhormone TSH und ACTH [3, 6, 51, 87]. Der *hypophysäre Kleinwuchs* bedingt durch ein *Fehlen von Wachstumshormonen* muss vor dem sechsten Lebensjahr ausgebrochen sein, um sich in veränderten Sellamaßen bemerkbar zu machen [3, 6, 30, 87]. Beim *Sheehan-Syndrom* handelt es sich um eine Nekrose der Hypophyse, die bedingt durch einen Blutsturz bei der Mutter im Rahmen einer komplizierten Geburt entstehen kann. Diese Komplikation kann eine verkleinerte Sella zur Folge haben [3, 6, 43, 87]. Neben einer verkleinerten Sella lassen sich beim *Williams-Syndrom* eine typische Fazies, geistige und körperliche Retardierung, kardiovaskuläre Anomalien, sowie Veränderungen im Bereich der Zähne feststellen [6, 9].

1. Einleitung

Im Vergleich zu diesen Erscheinungsformen tritt eine vergrößerte Sella turcica häufiger auf [3, 6]. Da die Hypophyse nur circa 79% des Sellavolumens ausfüllt [24], kommt es bei einer Vergrößerung nicht direkt zu einer Zerstörung der Knochenstruktur, sondern erst einmal zu einer Ausdünnung und einer damit einhergehenden Vertiefung, wenn es den Boden betrifft oder einer Ausdehnung nach posterior, wenn das Dorsum sellae betroffen ist [3, 24, 87]. Laut Pribram setzt Camp [17] in seinem Artikel einen Abstand von mehr als 16 mm zwischen dem Tuberculum und dem Dorsum sellae fest, ab dem von einer vergrößerten Sella auszugehen ist [87]. Diese Vergrößerung der Knochenstruktur kann ihren Ursprung in verschiedenen Erkrankungen haben und fast immer müssen weitere Untersuchungsmethoden, abgesehen von Röntgenaufnahmen, wie zum Beispiel Angiographien oder hormonelle Untersuchungen herangezogen werden, um eine klare Diagnostik betreiben zu können.

Eine vergrößerte Sella kann in Zusammenhang stehen mit unterschiedlichen Hypophysentumoren [3, 6, 12, 18, 21, 30, 34, 71, 87, 107, 108, 110].

Je nach Typ des Tumors kommt es zu einer ungleichmäßigen oder einer gleichmäßigen Vergrößerung der Sella turcica [18, 87]. Bei den suprasellar gelegenen Tumoren zeigt sich eine Verkürzung des Dorsum sellae und ein Absenken des Processus clinoideus anterior. Bei den intrasellaren Tumoren erkennt man hingegen ein Anheben der Processus clinoideus anterior und ein „Ballooning“ der Sella turcica [108]. Man kann verschiedene Typen von Tumoren unterscheiden: chromophobe, eosinophile oder basophile Adenome, Nelson-Syndrom, Polyadenomatosis, Hypophysenkarzinom [87]. Die Adenome sind abhängig von den jeweiligen Sekretionsprodukten in verschiedene Klassen einteilbar: GH-sekretierender, ACTH-sekretierender, PRL-sekretierender, FSH/LH-sekretierender und gemischter Typ [12, 21, 34]. Wenn ein Patient unter einem Hypophysentumor leidet, kann sich dies durch folgende Symptome bemerkbar machen: im Allgemeinen sind es meistens Kopfschmerzen; bei chromophoben Adenomen Seheinschränkungen, bei eosinophilen Adenomen Gigantismus beziehungsweise Akromegalie, bei Polyadenomatosis ein erblich bedingt gehäuftes Auftreten von Tumoren in anderen endokrinen Drüsen; bei

Karzinomen ein extrem schnelles Wachstum, zum Teil mit starker Zerstörung der umgebenden Strukturen und nicht unbedingt mit einer Vergrößerung der Sella turcica [3, 12, 21, 30, 87, 107]. Als Therapiemaßnahmen werden Operation, Bestrahlung oder die Kombination von beidem herangezogen [12, 110].

Im Folgenden wird auf die Entstehung beziehungsweise die Symptomatik einiger Typen von Hypophysentumoren näher eingegangen:

Beim *Kraniopharyngiom* handelt sich um eine gutartige Veränderung, die tendenziell zu einer asymmetrischen Vergrößerung der Sella turcica führt. Es entwickelt sich aus epithelialen Resten des kraniopharyngealen Ductus. Die Erscheinungsform kann fest, zystisch oder gemischt sein und geht oft mit endokrinen Veränderungen einher [3, 21, 34, 87, 107, 108]. *Suprasellare Meningiome* können aus der Lamina cribrosa, dem Planum, dem Tuberculum, dem Processus clinoides anterior oder den Alae des Os sphenoidale entstehen. Wenn das Tumorgewebe in die Sella eindringt, kann es zu einer Vergrößerung dieser kommen. Symptome können Seheinschränkungen, endokrine Fehlfunktionen oder auch eine Einengung der Arteria carotis interna sein [21, 34, 71, 87, 107, 108]. Bei einem *Nelson-Syndrom* liegt ein Hypophysentumor vor, genauer gesagt handelt es sich um ein ACTH-sekretierendes chromophobes Adenom. Das Syndrom kann nach einer beidseitigen Nebennierenentfernung zur Behandlung des Morbus Cushing auftauchen und führt zu einer Vergrößerung der Sella turcica [21, 22, 44]. Beim *primären Hypothyroidismus* handelt es sich um eine TSH-Überproduktion, die ihren Ursprung in einer Hypophysenhyperplasie oder einem Adenom haben kann. Nach der Therapie ist es möglich, dass sich die Sella turcica wieder verkleinert und zu ihrer ursprünglichen Formation zurückkehrt [21, 22, 87]. Das Krankheitsbild *Gigantismus* taucht im Zusammenhang mit GH-sekretierenden Adenomen auf. Es entsteht in der Kindheit und symptomatisch hierfür sind neben einer vergrößerten Sella eine Überproduktion von Wachstumshormonen [21]. Die *Akromegalie* steht im Zusammenhang mit eosinophilen Adenomen oder einer Hyperfunktion der Eosinophilen. Die Krankheit zeichnet sich durch

eine Überproduktion des somatotropen Hormons (STH) aus. Die Erkrankung entsteht bei Erwachsenen, da nach der Fusion der Epiphysen nur noch die Akren wachsen können. Symptomatisch für diese Erkrankung sind neben der Sellavergrößerung die vergrößerten Akren [12, 18, 21, 71].

Nachfolgend werden noch Erkrankungen aufgelistet, die zu einer Vergrößerung der Sella turcica führen können und nicht im Zusammenhang mit den zuvor erwähnten Hypophysentumoren stehen:

Bei dem *Empty-Sella-Syndrom* zeigt sich entweder eine nicht funktionierende oder sogar eine nicht sichtbare Hypophyse. Es kommt zu einem intrasellaren Einbruch des suprasellaren Subarachnoidalraumes durch einen Defekt der Dura. Das cerebrospinale Fluid dringt in die Sella ein, sodass es neben einer Vergrößerung der Sella turcica auch zu einer Abflachung der Hypophyse führt. Meistens handelt es sich um eine gleichmäßige Vergrößerung. Die Erkrankten zeigen teilweise keine Veränderungen im Hormonhaushalt oder beim Sehvermögen [3, 5, 6, 21, 30, 34, 63, 87]. *Intrasellare Aneurysmen* zeigen eine ungleichmäßige Vergrößerung der Sella turcica. Eine Arterienerweiterung im Bereich der Pars cavernosa der Arteria carotis interna kann zu einem eingeschränkten Sehvermögen und einer Parese der Augenmuskeln führen. Zur Diagnostik sollte eine Angiographie durchgeführt werden [3, 6, 21, 34, 57, 87, 107]. Die *Rathke-Taschen-Zyste* entwickelt sich aus der Rathke-Tasche. Sie ist meistens klein und intrasellar gelegen. Die Formation beinhaltet muköse oder seröse Flüssigkeiten. Die Gewebsveränderungen zeigen sich vor allem in der Pars intermedia und entlang deren fötalen Entwicklungsweges. Symptomatisch für dieses Krankheitsbild ist eine vergrößerte Sella turcica [6, 30, 34].

Eine veränderte Form der Sella turcica kann auch bei Erkrankungen wie dem Down-Syndrom, dem Seckel-Syndrom, dem Axenfeld-Rieger-Syndrom mit PITX2-Mutation und auch bei lumbosakralen Myelomeningocelen auftauchen [6, 76].

1.2. Malokklusionen

1.2.1. Definition und Entstehung

Malokklusionen sind Anomalien im Bereich der Kiefer – wobei entweder die Kieferform und/oder die -größe verändert ist oder eine Fehlstellung der Kiefer zueinander oder zur Schädelbasis festzustellen ist [93]. Ursächlich für solche Wachstumsstörungen können sowohl erworben als auch angeboren sein und sich uni- oder auch bilateral bemerkbar machen [93, 96]. Bei hereditären Malokklusionen ist weiterhin zwischen syndromalen und nicht syndromalen Faktoren zu unterscheiden. Auch erworbene Störungen können zu Dysgnathien führen – hierbei kann zwischen exogenen und endogenen Einflüssen differenziert werden. Zu den exogenen Faktoren zählen Frakturen im Bereich des Kiefergelenks, verschiedene Habits, Entzündungen oder auch Bestrahlungen [93, 96, 99]. Endogene Einflüsse sind Erkrankungen, die den Stoffwechsel, das Immunsystem oder das neurologische System betreffen. Auch Mangelerscheinungen, wie die Rachitis, können sich in Form von Malokklusionen darstellen [96, 99]. Bei der skelettalen Dysgnathie liegt immer eine Fehllage der Kieferbasen zur Schädelbasis vor und häufig ist daraufhin auch eine gestörte Lagebeziehung von Ober- und Unterkiefer zueinander festzustellen. Es gibt häufig eine Korrelation zwischen skelettalen und dentalen Anomalien [99].

1.2.2. Progener Formenkreis und Diagnostik

Hardy [42] fertigte 2012 einen Artikel an, in welchem er einen Überblick über die Artikel aus verschiedenen wissenschaftlichen Journalen der letzten 20 Jahren bot, die sich mit der Prävalenz der Angle Klasse III beschäftigten. Er konnte zeigen, dass in Südostasien mit 15,8% bei 1874 untersuchten Individuen das häufigste Vorkommen für eine skelettale Klasse III bestand, gefolgt vom mittleren Osten mit 10,18% (4127 Patienten), Europa mit 4,88% (1290 Patienten) und Afrika mit 4,59% (7017 Patienten). Das geringste Auftreten einer Angle-Klasse III fand sich in der indischen Population mit 1,19% bei 1595 untersuchten Menschen. Hardy sprach ebenfalls davon, dass es in Europa insgesamt sehr wenige Studien zu der Thematik gab [42]. Xue [113] wies in seinem Artikel darauf hin, dass das Auftreten einer Klasse III in der kaukasischen Bevölkerung bei 0,48% bis 4% lag. Bei Japanern war die Inzidenz in seiner Untersuchung bei 10% angesiedelt. Perillo [85] schrieb, dass bei seiner Untersuchung an 703 12-jährigen italienischen Schulkindern 4,3% eine Klasse III aufwiesen. Willems [111] fand bei 6% der 1477 belgischen Patienten eine Angle-Klasse III.

In mehreren Studien wurde bestätigt, dass die Entstehung einer Klasse III-Malformation sowohl von genetischen als auch von umweltbedingten Faktoren abhängen kann [15, 113]. So entdeckten Xue et al., dass bestimmte Wachstumshormone und Signalmoleküle für die Regulation des Kondylenwachstums unter mechanischer Belastung eine wichtige Rolle spielen [113]. Sowohl Bui et al. als auch in dem Artikel von Xue et al., die in ihren Studien die Ergebnisse von Wolff et al. und El-Gheriani et al. darstellten, wurde ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Genetik und der Entstehung einer skelettalen Klasse III gefunden [15, 113]. Bei der Entstehung einer skelettalen Klasse III können jedoch auch Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, adenoide Vegetationen, Mundatmung, Hyperplasien der Zunge oder ein frühzeitiger Verlust der Milchzähne im Oberkiefer als weitere Faktoren angesehen werden [26, 27].

1. Einleitung

Als grundlegendes Kennzeichen der Angle-Klasse III liegt ein sagittales Missverhältnis - dental, dentoalveolär oder skelettal bedingt – zwischen den Zahnbögen vor. Dies zeigt sich in Form einer Mesialokklusion an den 6-Jahrmolaren und den Eckzähnen [14, 26].

Der progene Formenkreis setzt sich aus frontalem Kreuzbiss, progenem Zwangsbiss, Pseudoprogenie und echter Progenie zusammen. Die echte Progenie ist durch einen überentwickelten beziehungsweise vorstehenden Unterkiefer gekennzeichnet [26, 27, 56, 81]. Bei der Analyse eines Fernröntgenseitenbildes liegen bei einem solchen Patienten ein vergrößerter Sella-Nasion-B-Punkt-Winkel (SNB), ein negativer A-Punkt-Nasion-B-Punkt-Winkel (ANB) und ein negativer WITs-Wert, wie auch ein vertikales Wachstumsmuster vor [27, 56]. Die Entstehung dieser Dysgnathieform ist vor allem auf ein multiples genetisches Geschehen zurückzuführen [27]. Charakteristisch für die Pseudoprogenie ist ein durchschnittlich entwickelter Unterkiefer und ein unterentwickelter Oberkiefer [56]. Bei der Auswertung des FRS liegen ein verkleinerter SNA und ANB und ein neutraler SNB vor. Einhergehend mit der Pseudoprogenie können Zahnunterzahlen im Oberkiefer oder diverse Syndrome vorliegen [56].

Es gibt sowohl äußerlich sichtbare als auch skelettale Merkmale, die für eine Klasse III typisch sind. Bezüglich der äußeren Merkmale sind sowohl ein verlängertes unteres Gesichtsdrittel als auch ein konkaves Gesichtsprofil zu nennen [20, 40]. Bezüglich der skelettalen Merkmale zeigten sich bei der Untersuchung von Singh [103] eine horizontale Verkleinerung und eine vertikale Vergrößerung und somit insgesamt eine Stauchung der Gesamtgröße der hinteren Schädelbasis. Bei weiteren Untersuchungen von Proff [88], Singh [103], Hopkin [46], Dibbets [25] und Chang [20] zeigte sich, dass sich sowohl der Schädelbasiswinkel als auch die vordere und hintere Schädelbasislänge von der Klasse II über die Klasse I hin zur Klasse III immer mehr verkleinerten beziehungsweise verkürzten. Sowohl beim Sattelwinkel NSBa (Nasion-Sella-Basion), als auch bei den Schädelbasiswinkeln NSAr (Nasion-Sella-Articulare) und NPcBo (Nasion-Processus clinoideus posterior-Bolton Punkt) zeigten sich

beim Vergleich der Klasse I zur Klasse III, in der letzteren Gruppe kleinere Winkel. Die in Studien aufgelisteten Ausmaße der vorderen Schädelbasis sind mit Vorsicht zu bewerten, da laut Autoren, wie Chang und Singh [20, 102, 103], das Nasion im Verlauf des Wachstums einen sehr variablen Punkt darstellt. Bei Vergleichen der vorderen Schädelbasislängen ist somit auf die Altersgruppe der entsprechenden Probanden zu achten. Laut Proff [88] stellt die hintere Schädelbasis aufgrund der Nähe zum Unterkieferkomplex und dessen Gelenkköpfen einen wichtigen Faktor bei einer skelettalen Klasse III dar. Weitere Ursachen beziehungsweise Merkmale bei einer skelettalen Klasse III sind eine frühzeitige Synostose, ohne dass die petro-sphenooccipitalen Knorpel ausreichend wachsen konnten oder einer fehlenden Abflachung der Schädelbasis in antero-posteriorer Richtung. Diese beiden Überlegungen werden unter dem Begriff Orthocephalisationstheorie zusammengefasst und sind bei einer skelettalen Klasse III möglicherweise zu finden [88, 102, 103]. Zusammenfassend ist zu sagen, dass sich die Entstehung einer solchen Malformation meistens aus mehreren einzelnen Faktoren zusammensetzt [29].

1.2.3. Therapie der skelettalen Klasse III

Bei der Therapie von Kindern mit einer skelettalen Klasse III wird im Oberkiefer eine Wachstumsförderung und im Unterkiefer eine Wachstumshemmung angestrebt [14]. Während des Wachstums kann eine Therapie mit herausnehmbaren Platten oder mit funktionskieferorthopädischen Geräten herangezogen werden [14]. Diese Geräte sind mit Delaire-Maske oder Kopf-Kinn-Kappe kombinierbar [14]. Nach dem 18. Lebensjahr beziehungsweise nach abgeschlossenem Wachstum ist zu überlegen, ob eine rein dentale Kompensation möglich ist oder ob die Situation eine Dysgnathie-Operation erforderlich macht [14].

Bei der kieferorthopädischen Therapie muss immer beobachtet werden, ob sich Erfolge einstellen. Falls dies nicht der Fall ist und sich eine Therapieresistenz herausstellt, muss die Möglichkeit eines chirurgischen Eingriffes in Betracht gezogen werden [27]. Wenn die Dysgnathie mittels einer Umstellungsosteotomie korrigiert werden soll, ist eine Zusammenarbeit von Kieferorthopäden und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen unabdingbar [47]. Der Kieferorthopäde muss eine präoperative Vorbehandlung durchführen. Im zweiten Schritt wird die skelettale Fehlstellung durch eine Umstellungsosteotomie korrigiert. Abschließend bedarf es einer kieferorthopädischen Feinjustierung der Okklusion [47]. Notwendige Voraussetzungen für einen solchen operativen Eingriff sind neben dem Schweregrad der Dysgnathie, die Compliance des Patienten und auch der Abschluss des Wachstums [47].

Eine kombiniert kieferorthopädische-kieferchirurgische Therapie kann Schwächen der Patienten im Bereich der Mastikation, der Atmung und unter Umständen auch der Stimmbildung, sowie der Fehlfunktion der Kiefergelenke korrigieren [99, 103]. Weiterhin ist bei der Therapie auch der ästhetische Aspekt zu berücksichtigen. Wobei beim operativen Vorgehen bedacht werden muss, dass sich das Weichgewebe nicht so stark vor- oder zurückbewegt wie der darunterliegende Versatz des Hartgewebes [102]. Bei der Oberkieferverlagerung wird in der Regel eine LeFort I-Osteotomie durchgeführt.

1. Einleitung

Bei der Unterkieferverlagerung nach Obwegeser-Dal Pont wird der aufsteigende Ast sagittal gespalten, außerdem kann hier nachfolgend auch noch eine Kinnplastik zur Verbesserung der Ästhetik durchgeführt werden [47].

1.3. Röntgenologische Diagnostik

Am 28. Dezember 1895 hielt die Diagnostik mittels Röntgenstrahlung, die von Wilhelm Carl Röntgen entdeckt wurde, Einzug in die Medizin. In der Röntgenröhre (Abb.11) entsteht eine elektromagnetische Strahlung, die den Körper der Patienten durchdringt. Ein Bild der inneren Strukturen entsteht dadurch, dass das menschliche Gewebe die Photonen in unterschiedlichem Maße abschwächt; während Luft die Röntgenstrahlen nur in sehr geringem Maße schwächt, werden beim Durchtritt durch knöchernes Gewebe die Strahlen sehr viel stärker zurückgehalten. Der Rest der Strahlung, der den Körper durchdringt, wird von einem Fotofilm aufgenommen. Auf dem Film ist Luft beispielsweise schwarz gefärbt zu sehen, Knochen hingegen erscheint weißlich [28, 116].

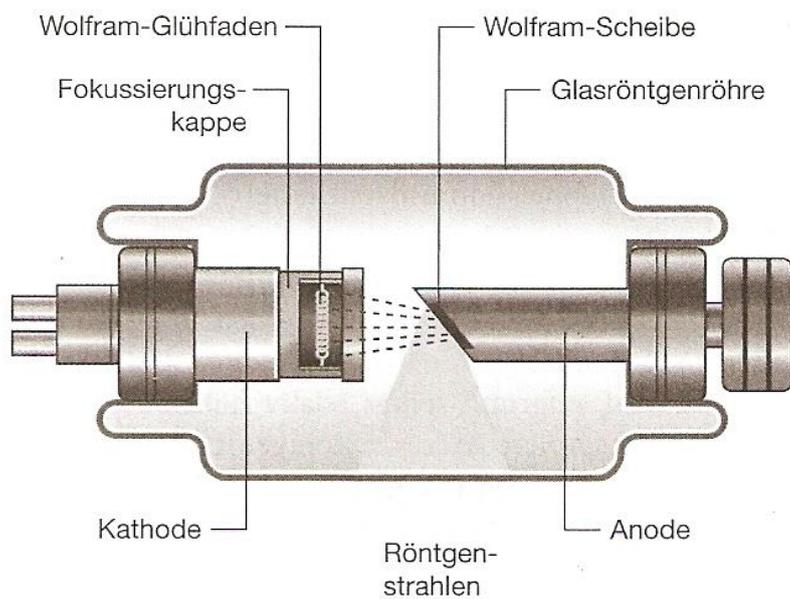


Abbildung 11: schematische Darstellung einer Kathodenstrahlröhre zur Generierung von Röntgenstrahlen, Quelle: [28].

1.3.1. Fernröntgenseitenbild

Durch Hofrath (Düsseldorf) und Broadbent (Cleveland) wurde unabhängig voneinander das FRS in die Kieferorthopädie eingeführt und gilt seitdem als wichtiges diagnostisches Hilfsmittel für den Kieferorthopäden [96]. In der Zeit danach wurden von verschiedensten Autoren Analysen zur Auswertung kephalometrischer Untersuchungen erstellt [96].

Schopf [96] sieht die Analyse von Fernröntgenseitenbildern als wichtigen Baustein in der Diagnostik an. Mittels dieser Röntgenaufnahmen ist es möglich skelettale von dentoalveolären Anomalien zu unterscheiden, den Gesichtsschädel metrisch zu vermessen und das Ausmaß und die Richtung des Wachstums abzuschätzen. Des Weiteren kann die Lage der Kieferbasen zueinander und zum Schädel analysiert werden. Mit Hilfe dieser Untersuchungen kann man Veränderungen, die sich durch weiteres Wachstum oder die geplante Therapie ergeben werden, abschätzen und somit eine klare Therapieplanung festlegen und eine eventuell nötige frühzeitige interdisziplinäre Kooperation mit Therapeuten anderer Fachgebiete einplanen, um das gewünschte Ziel zu erreichen [96].

Prinzipiell wird bei Fernröntgenseitenaufnahmen versucht eine maßstabsgetreue laterale Darstellung des menschlichen Kopfes zu produzieren. Um eine solche Abbildung zu erhalten, verwendet man den größtmöglichen Fokus-Objekt-Abstand und den kleinstmöglichen Objekt-Bildträger-Abstand [98]. Es gibt für diese zweidimensionalen Bilder eine Vielzahl definierter Punkte zur Auswertung der dentofazialen und kraniofazialen Morphologie [80, 91]

Bei der Analyse von Fernröntgenseitenbildern muss allerdings immer auch die Gesamtsituation mit betrachtet werden, das heißt, dass man nicht stur die möglicherweise vom Durchschnitt abweichenden Werte in eine standardisierte Therapie umsetzt. Man muss beachten, dass nicht jede Aufnahme situationsgleich ist, außerdem kann es durch Überlagerungen zu Problemen beim Auffinden von Referenzpunkten kommen und letztendlich ist jede Person

1. Einleitung

individuell, sodass die Schwankung von Werten in einem gewissen Rahmen nicht zwangsläufig zu einer Therapienotwendigkeit führen müssen [96].

1.3.2. Digitale Volumentomographie

Digitale Volumentomographie (DVT) oder auch Cone-Beam-Computed-Tomography (CBCT) wird seit 1998 zur Diagnostik im Bereich der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde verwendet. Die DVT-Geräte erzeugen bei der Umkreisung des Patienten einzelne Bilder, die zu einem Gesamtvolumen zusammengefügt werden. So ist es möglich, wie auch schon bei der 1972 eingeführten Röntgen-Computertomographie, einzelne Schichten des Körpers ohne Überlagerungen zu betrachten [116].

Die jüngste Entwicklung in der DVT-Technik führte dazu, dass sie bei entsprechender Größe des Bildfeldes die Aufnahme konventioneller Fernröntgenseitenbilder komplett ersetzen kann und somit der Patient nicht mehrfach Röntgenstrahlen ausgesetzt werden muss [19, 62, 72]. Die mittels DVT-Programmen erzeugten Fernröntgenseitenbilder weisen keinerlei Unterschiede zu den konventionellen auf [19, 62, 109]. Vielmehr besteht der Vorteil durch die zusätzliche Darstellung aller drei Raumebenen Fehlinterpretationen durch Überlagerungen zu vermeiden. Diese Technik ist auch problemlos für die Behandlung bereits in Therapie befindlicher Patienten übernehmbar, da die aus DVT-Datensätzen generierten zweidimensionalen Bilder die Möglichkeit bieten, die Therapieverläufe mit den zuvor noch konventionell zweidimensional erstellten Daten abzugleichen [39, 62, 72, 109].

Die Digitale Volumentomographie bringt neben dem Vorteil einzelne Schichten betrachten zu können, eine im Vergleich zur Computertomographie wesentlich geringere Strahlenbelastung mit sich. Die effektive Strahlendosis liegt bei DVT-Aufnahmen 1,3-53-mal niedriger als die bei computertomographischen Untersuchungen. In einer Studie von Suomalainen et. al. liegt die höchste Strahlendosis bei der Computertomographie im Bereich von 742 microSv [106]. Die Mehrheit der von ihm untersuchten DVT-Geräte erzeugte hingegen nur eine effektive Strahlendosis im Mittel im Bereich von 100-250 microSv. Zudem muss sich das Gerät nur einmalig um den Patienten drehen, was zu einer Verkürzung der Aufnahmedauer führt. Weitere Aspekte sind auch die deutlich geringeren Kosten und das deutlich schwächere Auftreten von Artefakten in

1. Einleitung

Bereichen metallischer Gegenstände im Vergleich zur Computertomographie [19, 90, 98, 100, 106, 116].

Dennoch werden DVTs nicht routinemäßig eingesetzt, sondern nur dann wenn das OPG und andere Röntgenaufnahmen an ihre Grenzen stoßen [50].

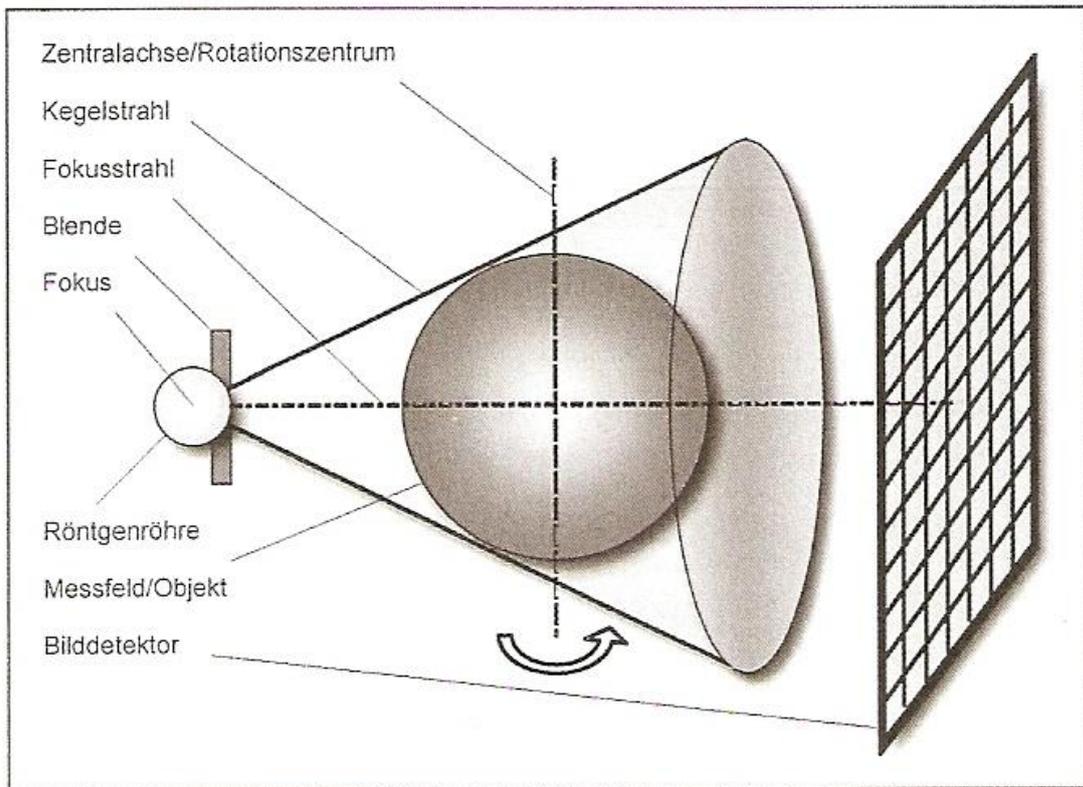


Abbildung 12: schematische Darstellung von Aufbau und Strahlengang eines CBCT-Gerätes, Quelle: [116].

Alle klassischen Röntgengeräte haben einen Basisaufbau, der ihnen gemein ist und auch in den Geräten zur Digitalen Volumentomographie zu finden ist (Abb.12).

Der grundlegende Aufbau eines Röntgengerätes besteht aus vier Hauptbauteilen. In erster Linie aus der Röntgenröhre selbst, einem Generator, der die benötigte Energie erzeugt, einem Detektor, der hinter dem Patienten

1. Einleitung

aus den durchtretenden Röntgenstrahlen ein Bild generiert und zuletzt aus dem Gerät selbst, womit die Röntgenröhre, der Detektor und der Generator zueinander koordiniert werden [116].

Bei einer digitalen volumetomographischen Aufnahme wird der Patient mittig innerhalb des Gerätes positioniert. Das Gerät dreht sich um 180 Grad um das Objekt. Der Fokus sendet eine punktförmige Strahlung aus, die sich kegelförmig durch das Objekt hin zum Feld des Flachdetektors fortsetzt. Es werden 100 bis 400 Einzelaufnahmen erzeugt. Diese anfangs zweidimensionalen Bilder werden dann mittels Computer durch Algorithmen zur Bildrekonstruktion zu einem dreidimensionalen Datensatz zusammengefügt, wodurch dem Behandler die Möglichkeit gegeben wird die knöchernen Strukturen in allen Raumebenen zu untersuchen [84, 98, 99, 116].

Bei dreidimensionalen Aufnahmen spricht man – analog dem Pixel in zweidimensionalen Bildern – von Voxel [39].

2. Fragestellung

In der heutigen Zeit rückt die dreidimensionale Untersuchung der neurokranialen und kraniofazialen Strukturen mittels Digitaler Volumentomographie immer mehr in den Mittelpunkt, da dem Behandler im Gegensatz zu zweidimensionalen Aufnahmen viel mehr Untersuchungsmöglichkeiten offen stehen. Bis jetzt gibt es dem Wissen der Autorin nach noch keine Untersuchungen von DVT-Volumendaten homogener Patientengruppen, bei denen Patienten des prognen Formenkreises und Klasse I-Patienten verglichen wurden, um Erkenntnisse bezüglich Morphologie und Dimensionen der Sella turcica zu gewinnen. Auch bietet die DVT-Technologie eine gute Möglichkeit, um an lebenden Patienten zu inspizieren, ob ein echtes Bridging oder ein Pseudobridging vorliegt und um Caroticoclinoid-Foramina oder auch spezielle Sellaformen zu betrachten.

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, an den dreidimensionalen Datensätzen die Dimensionen und die Morphologie der Sella turcica bei Klasse III-Dysgnathiepatienten zu bestimmen und mit denen von Klasse I-Patienten zu vergleichen.

3. Patienten und Methode

3.1. Patienten

Diese retrospektive Untersuchung bereits existierender Daten basiert auf DVT-Datensätzen von 140 kaukasischen Patienten, deren Alter über 16 Jahren lag. Davon sind 88 Patienten der skelettalen Klasse III (41 weiblich, 47 männlich) zuzuordnen und die Kontrollgruppe wird aus 52 Patienten mit der skelettalen Klasse I (26 weiblich, 26 männlich) gebildet. Die Daten stammen aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg und einer kooperierenden mund-, kiefer-, gesichtschirurgisch tätigen Praxis, welche die Patientendaten anonymisiert zur Verfügung gestellt hat. Die röntgenologischen Aufnahmen entstanden zwischen Oktober 2007 und Januar 2012.

Tabelle 1: Verteilung des Patientengutes bezüglich Geschlecht und skelettaler Klasse

	weiblich	männlich	gesamt
Skelettale Klasse I	26	26	52
Skelettale Klasse III	41	47	88
gesamt	67	73	140

Zu den Einschlusskriterien für die Klasse III-Patienten gehörten:

- kaukasische Herkunft
- Patienten > 16 Jahre
- Dysgnathie-Patienten mit skelettaler Klasse III

Zu den Einschlusskriterien für die Klasse I-Patienten gehörten:

- kaukasische Herkunft
- Patienten >16 Jahre
- SNA: $81^\circ \pm 3,5^\circ$ und /oder NSBa: 124° - 136° und/oder korrigierter WITs: $0 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$
- Vollbezahnung
- Normokklusion

Die DVTs aller Patienten waren im Rahmen der präoperativen Diagnostik vor einem chirurgischen Eingriff angefertigt worden.

Zur Auswertung der Strecken, die bei der Analyse der Fernröntgenseitenbilder ermittelt wurden, mussten diese mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden. Dies war nötig, da die Messungen, die auf Ausdrucken vorgenommen wurden, in ihren Ausmaßen nicht mit der eigentlichen Dimension der Röntgenaufnahme übereinstimmten. Um die realen Streckenmaße zu erhalten wurde dieser Korrekturfaktor errechnet.

Zur Aufnahme der DVT-Datensätze wurden die Köpfe aller Patienten mittels Kopf- und Kinnstütze gemäß der Frankfurter Horizontalen ausgerichtet.

Zu den Ausschlusskriterien für beide Gruppen zählten:

- Tumore
- Kraniofaziale Syndrome
- Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.

3.1.1. Erklärung zum Datenschutz

In der vorliegenden Arbeit wurden die Standards der Deklaration von Helsinki (revidierte Fassung von 1975 sowie Ergänzungen von 1983, 1989, 1996, 2000, 2002, 2004, 2008 und 2013), sowie die Richtlinien der lokalen Ethikkommission zum Datenschutz eingehalten. Sämtliche Patientendaten wurden anonymisiert untersucht.

3.2. Methoden

3.2.1. Röntgengeräte

In der Abteilung für Radiologie der Zahnklinik Würzburg wurde zur Erstellung der DVT-Datensätze das Gerät GALILEOS Comfort[®] (Sirona, Bensheim, Deutschland) mit folgenden Einstellungen benutzt: Röntgenstrahler mit 85 kV und 5-7 mA, Effektivdosis 18-92 microSv, Belichtungszeit 2-6 sec, Rekonstruktionsdauer 2,5-4,5 min, Scan-Zeit 14 sec, Kugelvolumen mit 15 cm Durchmesser, Voxelkantenlänge 0,3/0,15 mm, 200 Einzelaufnahmen (Abb.13).

In der mund-, kiefer-, gesichtschirurgischen Praxis nutzte man das Gerät KaVo 3D exam[®] (KaVo Dental GmbH, Biberach, Deutschland) zur Erstellung der Aufnahmen mit den folgenden Einstellungen: 120 kVp, 3-7 mA, Voxelgröße 0,4 mm, Scan-Zeit 8,5 sec, primäre Rekonstruktion <1 min, sekundäre Rekonstruktion in Echtzeit, Volumen 23 cm ø x 17 cm (Abb.14).



Abbildung 13: GALILEOS Comfort[®],
Quelle: [49].



Abbildung 14: KaVo 3D exam[®],
Quelle: [48].

3.2.2. Röntgenkephalometrische Analyse der kraniofazialen Strukturen

Es wurden folgende kephalometrische Parameter untersucht, welche dem Einbeziehungsweise Ausschluss von Patienten dienen: NSBa, SNA und korrigierter WITs.

Die Fernröntgenseitenbilder (Abb.15) wurden aus den vorliegenden DVT-Datensätzen generiert.



Abbildung 15: beispielhaftes Fernröntgenseitenbild aus DVT-Datensatz generiert; FRS aus untersuchtem Patientengut.

Im Folgenden wurde eine schematische Darstellung eines Fernröntgenseitenbildes eingefügt (Abb.16). In dieser Grafik wurden mit roten Kreisen, die Punkte markiert, die im Rahmen der vorliegenden Analyse genutzt wurden. Die Punkte wurden zur Klassifizierung der Patienten und zur zweidimensionalen Vermessung der Sella turcica genutzt.

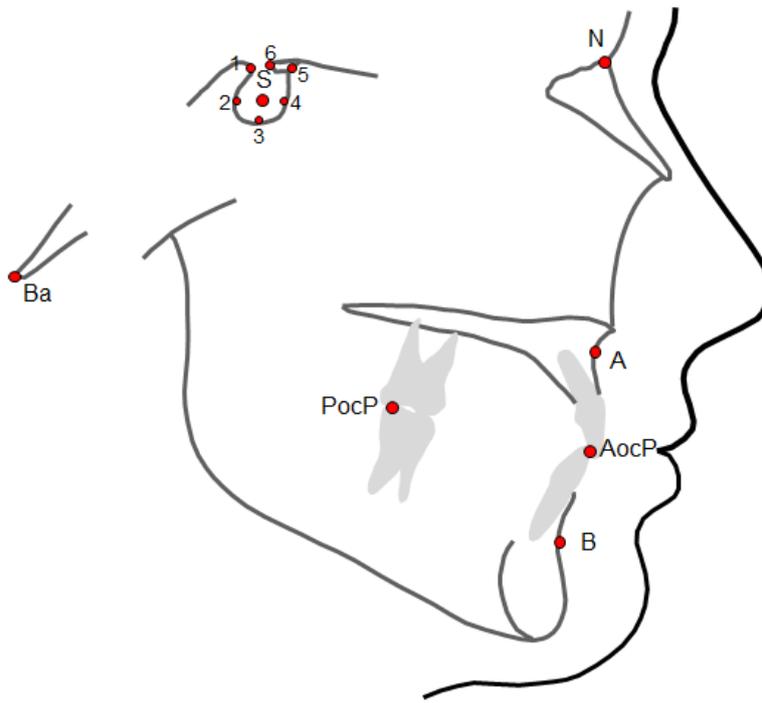


Abbildung 16: schematische Darstellung der röntgenkephalometrischen Analyse (1 - Proc. clin. post., 2 - hinterster Punkt der Sella-Hinterwand, 3 - tiefste Stelle am Sellaboden, 4 - vorderster Punkt der Sella-Vorderwand, 5 - Tuberculum sellae, 6 - Proc. clin. ant. / N - Nasion, A - A-Punkt, B - B-Punkt, PocP - posteriorer Punkt des Okklusalplanums, AocP – anteriorer Punkt des Okklusalplanums); eigene schematische Darstellung – Modifikation der in der Poliklinik für Kieferorthopädie etc. verwendeten Microsoft PowerPoint - Vorlage für FRS-Analysen.

Des Weiteren wurden spezielle Punkte zur Vermessung der Sella gewählt (Tab.2), die zum Teil bereits von Camp [17] und Di Chiro [24] verwendet wurden:

Tabelle 2: röntgenkephalometrische Analyse zur Vermessung der Sella turcica

Bezeichnung	Definition
Durchmesser der Sella (2-5)	Strecke von dem hintersten Punkt der Sella-Hinterwand (2) zum Tuberculum sellae (5)

3. Patienten und Methode

Durchmesser der Sella 2 (2-4)	Strecke von dem hintersten Punkt der Sella-Hinterwand (2) zum vordersten Punkt der Sella-Vorderwand (4)
Länge der Sella (1-5)	Strecke von Proc. clin. post. (1) zum Tuberculum sellae (5)
Höhe der Sella (3- (1-5))	Strecke von der tiefsten Stelle am Sellaboden (3) zu „Länge der Sella“ (1-5), wenn möglich senkrecht
Abstand der Processūs (6-1)	Strecke von Proc. clin. ant. (6) zu Proc. clin. post. (1)

3.2.3. Dreidimensionale Analyse der kraniofazialen Strukturen

Die DVT-Datensätze, die im DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)-Format vorlagen, wurden mittels des Software-Programms Mimics[®] Innovation Suite (Materialize, Belgium) dreidimensional dargestellt und somit konnten die zur Analyse herangezogenen Punkte in den axialen, coronalen und sagittalen Schichten positioniert und anschließend analysiert werden.

In den beiden folgenden Darstellungen (Abb.17 und 18) wurde der Bereich der Sella turcica isoliert dreidimensional dargestellt. In der Drauf- und Lateralansicht dieser knöchernen Region sind mittels roten Punkten die Stellen markiert, die bei der Untersuchung verwendet wurden.

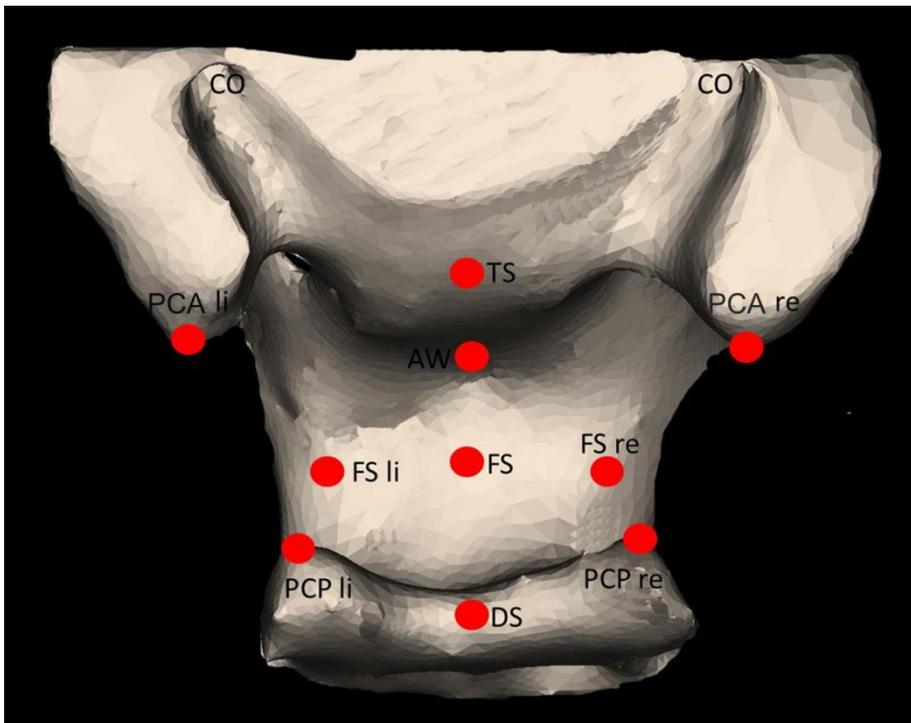


Abbildung 17: Darstellung der Sella turcica in Draufsicht. (Abkürzungen: CO: Canalis opticus; PCA li/re: Processus clinoideus anterior links/rechts, TS: Tuberculum sellae mittig oben, FS: Sellaboden mittig; FS li/re: Sellaboden rechts/links, PCP li/re: Processus clinoideus posterior links/rechts, DS: Dorsum sellae mittig oben, AW: anteriore Wand mittig); Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics[®] aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

3. Patienten und Methode

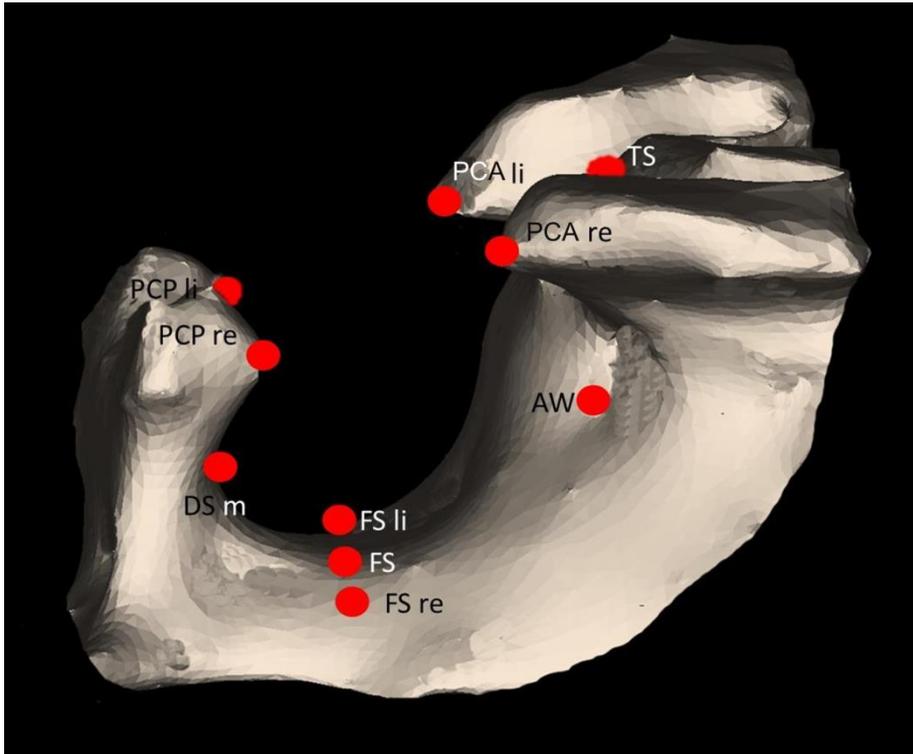


Abbildung 18: Darstellung der Sella turcica in Lateralansicht (Abkürzungen: PCA li/re: Processus clinoideus anterior links/rechts, TS: Tuberculum sellae mittig oben, FS: Sellaboden mittig; FS li/re: Sellaboden rechts/links, PCP li/re: Processus clinoideus posterior links/rechts, AW: anteriore Wand mittig, DS m: Dorsum sellae mittig); Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics[®] aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

3. Patienten und Methode

Zur dreidimensionalen Untersuchung der Sella turcica wurden folgende Parameter verwendet (Tab.3):

Tabelle 3: dreidimensionale Analyse zur Vermessung der Sella turcica

Bezeichnung	Definition
Sella-Deckel	Spitze des Proc. clin. ant. re; Spitze des Proc. clin. ant. li; höchster Punkt des Dorsum sellae, an dem der Abstand zum Tuberculum sellae am größten ist
Höhe der Sella	Von mittiger und tiefster Stelle im Sellaboden zum Sella-Deckel, senkrecht zum Deckel
Länge der Sella li	Spitze des Proc. clin. ant. li zur Spitze des Proc. clin. post. li
Länge der Sella re	Spitze des Proc. clin. ant. re zur Spitze des Proc. clin. post. re
Durchmesser	Höchster Punkt in der Mitte des Dorsum sellae und mit dem weitesten Abstand zum Tuberculum – anteriorste Ausdehnung des Tuberculum sellae
Distanz Sellaboden re – li	Vom äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden re zum äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden li
Sella-Tiefe li	Vom äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden li zum Sella-Deckel, senkrecht zum Deckel
Sella-Tiefe re	Vom äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden re zum Sella-Deckel, senkrecht zum Deckel
Abstand Proc. clin. ant. re – li	Spitze des Proc. clin. ant. re zur Spitze des Proc. clin. ant. li
Abstand Proc. clin. post. re – li	Spitze des Proc. clin. post. re zur Spitze des Proc. clin. post. li

Bezüglich der strukturellen Merkmale in der Region der Sella turcica ist zu sagen, dass als Caroticoclinoid-Foramen (CCF) sowohl eine Verbindung von Processus clinoideus anterior und medialis als auch von Processus clinoideus

3. Patienten und Methode

anterior mit Processus clinoideus medialis und posterior angesehen wurde. Als Bridging galt die Verbindung von Processus clinoideus anterior mit Processus clinoideus posterior. Eine Verbindung der Processūs bestand ab einem Abstand von $<0,5\text{mm}$, da das Auflösungsvermögen der DVT-Datensätze in diesen Dimensionen begrenzt ist (s. Voxelgröße beziehungsweise Voxelkantenlänge von 0,4 bzw. 0,3 mm; Kapitel 3.2.1.).

3.3. Methodenfehler nach Dahlberg (Reliabilitätsprüfung)

Die Reliabilität wurde mithilfe der Fehlerberechnung nach Dahlberg ermittelt, bei der 23 zufällig ausgewählte Patienten im Abstand von 14 Tagen je zweimal mittels der dreidimensionalen Analyse und 15 zufällig ausgewählte Patienten im Abstand von 14 Tagen je zweimal mittels der zweidimensionalen Analyse von einem einzelnen Untersucher ausgewertet wurden.

Formel zur Berechnung des Methodenfehlers nach Dahlberg:

$$F = \frac{\sqrt{\sum d^2}}{2n}$$

d = Differenz zwischen 2 Messungen

n = Anzahl der gemessenen Parameter

Ein Methodenfehler der unter 1 liegt, spricht für eine hohe Genauigkeit der Auswertung – je kleiner der Wert, desto präziser ist die Untersuchung wiederholbar.

Die Ergebnisse der Reliabilitätsprüfungen für die zwei- und die dreidimensionale Analyse wurden in den Kapiteln 4.1. und 4.2. aufgelistet.

3.4. Beschreibung des statistischen Verfahren

Zur statistischen Analyse wurde das Programm SPSS (Statistical Package for Social Science[®], Version 20.0 und 21.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) genutzt.

Zuerst wurden die Daten mit dem Kolmogorow-Smirnov-Test überprüft; wobei sich zeigte, dass die Werte normal verteilt sind.

Zur metrischen Analyse der Sella turcica wurde der ungepaarte T-Test genutzt. Mit diesem Test wurden sowohl die skelettalen Klassen als auch die Geschlechter miteinander verglichen.

Um die Morphologie der Sella turcica statistisch auszuwerten, wurde der Chi-Quadrat-Test benutzt; sowohl zum Klassen- als auch zum Geschlechtervergleich.

Für die Bewertung der Signifikanz wurden folgende Einteilungen festgelegt: nicht signifikant $p \geq 0,05$; signifikant: $*p < 0,05$; hoch signifikant: $**p < 0,01$; höchst signifikant: $***p < 0,001$.

4. Ergebnisse

4.1. Methodenfehler der kephalometrischen Analyse (Tabelle 4)

An Fernröntgenseitenbildern von 15 zufällig ausgewählte Patienten wurde im Abstand von 14 Tagen je zweimal von einem einzelnen Untersucher die zweidimensionale Analyse durchgeführt. Der Methodenfehler wurde mit Hilfe der Formel nach Dahlberg berechnet. Zur Auswertung und zur Reliabilitätsprüfung wurden die Streckenwerte der Fernröntgenseitenanalyse skaliert. Da der Methodenfehler überall unter eins und bis auf NSBa sogar deutlich unter eins lag, kann von einer präzise durchgeführten und wiederholbaren Untersuchung ausgegangen werden.

Tabelle 4: Reliabilitätsprüfung nach Dahlberg bezüglich der Sellamessungen in der zweidimensionalen Analyse

Variable	Methodenfehler
Durchmesser der Sella	0,19
Durchmesser der Sella 2	0,18
Länge der Sella	0,24
Höhe der Sella	0,15
Abstand der Processūs	0,15
NSBa	0,43
Korrig. WITs	0,16
SNA	0,16

4. Ergebnisse

4.2. Methodenfehler der dreidimensionalen Analyse (Tabelle 5)

An Datensätzen von 23 zufällig ausgewählte Patienten wurde im Abstand von 14 Tagen je zweimal von einem einzelnen Untersucher die dreidimensionale Analyse durchgeführt. Der Methodenfehler wurde mit Hilfe der Formel nach Dahlberg berechnet. Im Vergleich zum Methodenfehler bei der zweidimensionalen Analyse wurde bei der dreidimensionalen Untersuchung ein deutlich geringerer Methodenfehler bei allen Variablen erzielt.

Tabelle 5: Reliabilitätsprüfung nach Dahlberg bezüglich der Sellamessungen in der dreidimensionalen Analyse

Variable	Methodenfehler
Abstand 1	0,05
Abstand 2	0,10
Distanz Sellaboden rechts-links	0,08
Durchmesser	0,03
Höhe der Sella	0,04
Länge der Sella links	0,04
Länge der Sella rechts	0,09
Sella mittig oben	0,05
Sella-Tiefe li	0,05
Sella-Tiefe re	0,04
Nasion-Sella-Basion	0,07

4.3. Ergebnisse der kephalometrischen Analyse (Tabelle 6)

Der Vergleich zwischen den Personen mit skelettaler Klasse III und der Kontrollgruppe bezogen auf die Ergebnisse der kephalometrischen Analyse wurde mittels ungepaartem T-Test ausgewertet.

Die zur Kontrollgruppe (KG) gehörenden Einschlusskriterien wie NSBa ($p=0,001$) und korrigierter WITs ($p=0,000$) zeigten im Gruppenvergleich hoch und höchst signifikante Unterschiede. Der ebenfalls als Einschlusskriterium verwendete SNA-Wert zeigte hingegen im Vergleich einen nicht signifikanten Unterschied ($p=0,066$).

Bei der zweidimensionalen Analyse der Sella konnten beim Gruppenvergleich für die Länge der Sella ($p=0,000$; M-Wert: Kl.III=5,89, KG=7,80) und den Abstand der Processus ($p=0,000$; M-Wert: Kl.III=3,23; KG=5,15) höchst signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Beim Vergleich bezüglich der Höhe der Sella ($p=0,080$; M-Wert : Kl.III=7,04, KG=7,50) ließ sich kein signifikanter Unterschied feststellen.

Beim Gruppenvergleich für den Durchmesser der Sella, der die Strecke von dem hintersten Punkt der Sella-Hinterwand zum Tuberculum sellae darstellte, ließ sich ein höchst signifikanter Unterschied feststellen ($p=0,000$; M-Wert: Kl.III=9,51, KG=10,91). Auch für den Durchmesser der Sella 2, der vom hintersten Punkt der Sella-Hinterwand zum vordersten Punkt der Sella-Vorderwand gemessen wurde, ergab sich ein hoch signifikanter Unterschied ($p=0,011$; M-Wert: Kl.III=8,58; KG=9,27).

Insgesamt zeigten sich bei allen Messungen, die bei der zweidimensionalen Analyse der Sella durchgeführt wurden, für die Klasse III-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe kleinere Werte.

4. Ergebnisse

Tabelle 6: Ergebnisse der kephalometrischen Analyse im Gruppenvergleich (Strecken in mm, Winkel in °)

	Klasse III (n=88)	Kontrollgruppe (n=52)	Signifikanz p¹
	M-Wert (SD)	M-Wert (SD)	
Durchmesser der Sella	9,51 (1,99)	10,91 (1,55)	0,000***
Durchmesser der Sella 2	8,58 (1,54)	9,27 (1,51)	0,011*
Länge der Sella	5,89 (2,69)	7,80 (2,35)	0,000***
Höhe der Sella	7,04 (1,61)	7,50 (1,24)	0,080 n.s.
Abstand der Processūs	3,23 (2,27)	5,15 (2,56)	0,000***
NSBa	129,7 (5,47)	133,27 (6,48)	0,001**
Korrigierter WITs	-8,98 (3,9)	0,28 (1,96)	0,000***
SNA	79,62 (4,11)	80,78 (2,40)	0,066 n.s.

n.s. = nicht signifikant, *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

4.4. Dreidimensionale Metrik der Sella (Klasse III versus Kontrollgruppe) (Tabelle 7)

Der Vergleich zwischen den Personen mit skelettaler Klasse III und der Kontrollgruppe bezogen auf die metrischen Daten der Sella turcica wurde mittels ungepaartem T-Test ausgewertet.

Bei den vertikalen Messergebnissen zeigte sich ein signifikanter Unterschied für die Werte der „Höhe mittig“ im Vergleich zwischen den Gruppen ($p=0,024$; M-Wert: Kl.III=7,07, KG=7,63). Bei den Werten für die „Höhe rechts“ und die „Höhe links“ ergaben sich zwar nur Unterschiede, die nicht signifikant waren; zusammenfassend zeigten sich aber für alle Höhenmessungen in der Klasse III-Gruppe geringere Werte.

Bei den sagittalen Messergebnissen wurden der Durchmesser, der von der Mitte des Dorsum sellae zur Sella mittig vorne gemessen wurde, wie auch der Interclinoid-Abstand (IA) rechts und links untersucht. Die Unterschiede bezüglich des Durchmessers waren im Gruppenvergleich hoch signifikant ($p=0,007$), wobei die Personen der Klasse III einen größeren Wert aufwiesen (M-Wert: Kl.III=10,53, KG=9,78). Bei dem Vergleich zwischen den Interclinoid-Abständen zeigte sich beim rechten Abstand ein signifikanter Wert ($p=0,028$; M-Wert: Kl.III=6,04, KG=5,15). Auch wenn die Werte linksseitig nicht signifikant waren ($p=0,085$; M-Wert: Kl.III=6,20, KG=5,56), so war doch für rechts und links erkennbar, dass die Abstände bei der Klasse III- größer waren als bei der Klasse I-Gruppe.

Bei den transversalen Messergebnissen wurde der anteriore und posteriore Interclinoid-Abstand gemessen, sowie die Länge des Sellabodens von rechts nach links. Der posteriore Interclinoid-Abstand der Klasse III-Gruppe zeigte einen signifikanten Unterschied zur Kontrollgruppe und war im Vergleich zu dieser verkleinert ($p=0,043$; M-Wert: Kl.III=16,54, KG=17,37). Im Gegensatz dazu war der Unterschied beim anterioren Interclinoid-Abstand nicht signifikant und in der Klasse III-Gruppe auch eher größer als der der Gruppe mit skelettaler Klasse I ($p=0,208$; M-Wert: Kl.III=23,75, KG=23,25). Die Distanz

4. Ergebnisse

Sellaboden rechts-links zeigte keinen signifikanten Unterschied und die Strecke in der Klasse III-Gruppe war im Vergleich zur Kontrollgruppe tendenziell kleiner ($p=0,672$, M-Wert: Kl.III=11,54, KG=11,68).

Zusammenfassend stellten sich die Sellae turcicae der Klasse III-Gruppe flacher und länger dar als die der Klasse I-Gruppe.

Tabelle 7: Dreidimensionale Metrik der Sella turcica im Gruppenvergleich (Angaben in mm)

		Klasse III (n=88)	Kontrollgruppe (n=52)	Signifikanz p
		M-Wert (SD)	M-Wert (SD)	
a) vertikal	Höhe mittig	7,07 (1,42)	7,63 (1,35)	0,024 *
	Höhe rechts	6,73 (1,34)	7,17 (1,37)	0,065 n.s.
	Höhe links	6,76 (1,42)	7,23 (1,42)	0,061 n.s.
b) sagittal	Durchmesser ¹	10,53 (1,70)	9,78 (1,34)	0,007 **
	Rechter IA	6,04 (2,52)	5,15 (1,82)	0,028 *
	Linker IA	6,20 (2,23)	5,56 (1,89)	0,085 n.s.
c) transversal	Anteriorer IA	23,75 (2,24)	23,25 (2,38)	0,208 n.s.
	Posteriorer IA	16,54 (2,43)	17,37 (2,10)	0,043 *
	Sellaboden rechts- links	11,54 (1,96)	11,68 (1,95)	0,672 n.s.

¹ Durchmesser: Mitte Dorsum Sellae – Sella mittig vorne

n.s. = nicht signifikant, * $p<0,05$, ** $p<0,01$

4.5. Dreidimensionale Metrik der Sella (Geschlechtervergleich) (Tabelle 8)

Der geschlechterspezifische Vergleich zwischen der Klasse III-Gruppe und der Kontrollgruppe bezogen auf die metrischen Werte bei der Auswertung der Sella turcica wurden ebenfalls mittels eines ungepaarten T-Tests ausgewertet.

Bei den vertikalen Messergebnissen zeigte sich in der Klasse-III-Gruppe lediglich beim Vergleich der „Höhe rechts“ ein signifikanter Unterschied ($p=0,027$; M-Wert: ♀=6,40, ♂=7,02). Insgesamt wies das weibliche Geschlecht in der Klasse III bei allen drei Werten – also Höhe mittig ($p=0,092$; M-Wert: ♀=6,79, ♂=7,31), Höhe rechts (s.o.), Höhe links ($p=0,205$; M-Wert: ♀=6,55, ♂=6,94) geringere Strecken auf. Bei der Kontrollgruppe hingegen gab es keinerlei signifikante Unterschiede, allerdings zeigten sich in der Summe bei den Werten der Frauen tendenziell größere Strecken (Höhe mittig: $p=0,374$; M-Wert: ♀=7,79, ♂=7,46 / Höhe rechts: $p=0,503$; M-Wert: ♀=7,30, ♂=7,04 / Höhe links: $p=0,326$; M-Wert: ♀=7,42, ♂=7,03).

Bei den sagittalen Messergebnissen bezüglich Durchmesser und rechtem und linkem Interclinoid-Abstand ergaben sich weder bei den Personen mit skelettaler Klasse III noch mit skelettaler Klasse I signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen. Allen gemeinsam war, dass bei den weiblichen Personen die Tendenz bestand, kleinere Messwerte im Vergleich zu den Männern aufzuweisen.

In der Transversalen zeigten sich für den posterioren Interclinoid-Abstand bei den Frauen kleinere Werte, die aber nach der Analyse keinerlei statistische Signifikanz aufwiesen (KI.III: $p=0,610$; M-Wert: ♀=16,40, ♂=16,67 / KG: $p=0,602$; M-Wert: ♀=17,22, ♂=17,53). Im Gegensatz dazu bestand beim Interclinoid-Abstand anterior bei beiden Gruppen im geschlechterspezifischen Vergleich ein signifikanter Unterschied und auch hier lagen die Werte der Frauen, wie bereits bei der Messung des posterioren Interclinoid-Abstandes gesehen, unterhalb derer der Männer (KI.III: $p=0,024$; M-Wert: ♀=23,18, ♂=24,26 / KG: $p=0,019$; M-Wert: ♀=22,48, ♂=24,01). Der Vergleich der Längen der Sellaböden zwischen den Geschlechtern beider Gruppen zeigten keine

4. Ergebnisse

signifikanten Unterschiede (Kl.III. $p=0,698$; M-Wert: ♀=11,62, ♂=11,46 / KG: $p=0,756$; M-Wert: ♀=11,60, ♂=11,77).

Tabelle 8: Dreidimensionale Metrik der Sella turcica im Geschlechtervergleich
(Angaben in mm)

		Klasse III (n=88)		Signifikanz	Kontrollgruppe (n=52)		Signifikanz
		M-Wert (SD)		p	M-Wert (SD)		p
		♀ (n=41)	♂ (n=47)		♀ (n=26)	♂ (n=26)	
a) vertikal	Höhe mittig	6,79 (1,22)	7,31 (1,55)	0,092 n.s.	7,79 (1,40)	7,46 (1,30)	0,374 n.s.
	Höhe rechts	6,40 (1,06)	7,02 (1,49)	0,027 *	7,30 (1,51)	7,04 (1,23)	0,503 n.s.
	Höhe links	6,55 (1,20)	6,94 (1,58)	0,205 n.s.	7,42 (1,54)	7,03 (1,29)	0,326 n.s.
b) sagittal	Durchmesser	10,29 (1,47)	10,73 (1,86)	0,226 n.s.	9,44 (1,15)	10,12 (1,46)	0,069 n.s.
	re IA	5,58 (2,48)	6,44 (2,51)	0,110 n.s.	5,01 (1,75)	5,29 (1,92)	0,581 n.s.
	li IA	6,02 (2,20)	6,35 (2,27)	0,494 n.s.	5,41 (1,90)	5,71 (1,91)	0,571 n.s.
c) transversal	Ant IA	23,18 (2,43)	24,26 (1,96)	0,024 *	22,48 (1,81)	24,01 (2,65)	0,019 *
	Post IA	16,40 (2,32)	16,67 (2,54)	0,610 n.s.	17,22 (2,32)	17,53 (1,89)	0,602 n.s.
	Sellaboden rechts-links	11,62 (1,52)	11,46 (2,30)	0,698 n.s.	11,60 (1,81)	11,77 (2,11)	0,756 n.s.

n.s. = nicht signifikant, * $p<0,05$

4.6. Dreidimensionale Morphologie der Sella (Klasse III versus Kontrollgruppe) (Tabelle 9)

Zur Untersuchung der Unterschiede in der Morphologie der Sella turcica bei Personen mit skelettaler Klasse III und skelettaler Klasse I wurde der Chi-Quadrat-Test angewandt.

Zuerst wurde das Vorkommen von Bridgings untersucht. Es zeigte sich eindeutig, dass in der Klasse III-Gruppe mit 17,05% deutlich mehr Bridgings auftauchten als in der Kontrollgruppe mit 5,77%. Dieser Unterschied war signifikant ($p=0,044$). Das unilaterale Bridging war hierbei deutlich häufiger vertreten als das bilaterale. Dieser Unterschied galt für beide Gruppen, allerdings zeigte es sich bei den Personen mit skelettaler Klasse III eindeutiger. Während in der Kontrollgruppe Bridgings rechts und links gleich häufig auftraten, zeigte sich in der Klasse III-Gruppe mit 11,36% ein stärkeres Auftreten einer Sella turcica-Brücke auf der rechten Seite im Vergleich zu 7,95% auf der linken Seite.

Das Auftauchen eines Caroticoclinoid Foramens war ebenfalls in der Klasse III-Gruppe mit 23,86% im Vergleich zur 11,54% in der Kontrollgruppe deutlich höher, allerdings drückte sich dieser Unterschied nur durch einen knapp nicht signifikanten Wert aus. Wie bereits bei den Bridgings festgestellt wurde, tauchte ein unilaterales Caroticoclinoid Foramen deutlich häufiger auf als die bilaterale Form. Sehr deutlich wurde dieser Unterschied abermals in der Gruppe der Personen mit skelettaler Klasse III. Und auch hier zeigte sich ein vermehrtes Auftauchen des Foramens auf der rechten Seite bei der Klasse III-Gruppe mit 19,32% und der Klasse I-Gruppe mit 9,62% im Vergleich zur linken Seite mit 13,64% beziehungsweise 5,77%.

Für das Vorliegen eines Bridgings zusammen mit einem Caroticoclinoid Foramen ließ sich bei einem Verhältnis von 10 zu 1 oder 11,36% zu 1,92% für die Klasse III-Gruppe ein eindeutig signifikanter Unterschied feststellen.

4.7. Dreidimensionale Morphologie der Sella (Geschlechtervergleich) (Tabelle 10)

Auch bei der morphologischen Untersuchung der Sella turcica wurde ein geschlechtsspezifischer Vergleich zwischen der Klasse III-Gruppe und der Kontrollgruppe durchgeführt.

Es ergaben sich insgesamt keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Bei der Untersuchung des Auftretens eines Bridgings ließen sich in beiden Gruppen keinerlei signifikante Geschlechtsunterschiede feststellen. In der Klasse III-Gruppe tauchte bei männlichen Personen eher ein Bridging auf als bei weiblichen Personen; in der Klasse I-Gruppe war das Verhältnis zwei zu eins beim Vergleich zwischen Frauen und Männern.

Bei der Analyse des Vorkommens eines Caroticoclinoid Foramens zeigte sich ebenfalls ein relativ homogen ausgeprägtes Verhältnis zwischen den Geschlechtern. Bei Frauen war das Erscheinen geringfügig öfter in beiden skelettalen Gruppen.

Auch beim Vorliegen eines Bridgings zusammen mit einem Caroticoclinoid Foramen zeigten sich keine signifikanten Geschlechtsunterschiede. Allerdings war die Tendenz, dass beide Variationen kombiniert auftraten, auch hier beim weiblichen Geschlecht in beiden Gruppen minimal höher.

Tabelle 10: Dreidimensionale Morphologie der Sella turcica im Geschlechtervergleich (Klasse III-Gruppe und Kontrollgruppe)

	Klasse III (n=88)		Signifikanz p ¹	Kontrollgruppe (n=52)		Signifikanz p ¹
	♀ (n=41)	♂ (n=47)		♀ (n=26)	♂ (n=26)	
a) Bridging	7 (17,07%)	8 (17,02%)	0,607 n.s.	2 (7,69%)	1 (3,85%)	0,500 n.s.
b) CCF Typ I	11 (26,83%)	10 (21,28%)	0,359 n.s.	4 (15,38%)	2 (7,69%)	0,334 n.s.
c) CCF Typ II	6 (14,63%)	4 (8,51%)	0,285 n.s.	1 (3,85%)	0 (0%)	0,500 n.s.

¹exakte Signifikanz (1-seitig) n.s. = nicht signifikant

5. Diskussion

Bisher wurde die Sella bei lebenden Patienten nur durch zweidimensionale Röntgenmethoden, hauptsächlich in Form von Fernröntgenseitenbildern analysiert. Außerdem gab es auch einige Untersuchungen an Schädeln Verstorbener. In der vorliegenden Studie werden die Dimensionen und die Morphologie der Sella turcica in DVT-Aufnahmen dreidimensional untersucht, bei der man von klar definierten Gruppen bezüglich Rasse und skelettaler Klasse ausgegangen ist.

Die einzige uns bekannte bisher veröffentlichte Studie bei der die Anatomie der Sella in DVT-Datensätzen untersucht wurde, wurde von Xiao veröffentlicht. Hierbei wurden allerdings nicht die genauen Dimensionen der Sella in den Vordergrund gestellt, sondern untersucht, wie man solche Aufnahmetechniken bei Operationen für den endonasalen transsphenoidalen Zugang zu Hypophysenadenomen nutzen kann [112].

Bei zweidimensionalen seitlichen Aufnahmen kann es durch Projektionsfehler dazu kommen, dass man vermeintlich ein Bridging erkennt, obwohl es sich um Überlagerungen handelt. Bei diesem Phänomen spricht man von einem sogenannten Pseudobridging [10, 37]. Die Problematik solcher Pseudobridgings liegt darin, dass die tatsächlichen Gegebenheiten verfälscht werden [10, 37]. Außerdem ist es bei zweidimensionalen Aufnahmen sehr schwierig bis unmöglich zu erkennen, ob es sich um Bridgings auf der rechten oder der linken Seite handelt und ob es ein- oder beidseitige Verbindungen sind. Um solche Fehlinterpretationen zu vermeiden ist eine weitere Aufnahme mit schrägerer Zentralprojektion nötig [24, 37, 71]. Dies setzt den Patienten allerdings erneut einer Röntgenbelastung aus, weshalb Digitale Volumentomographien einen deutlichen Vorteil bieten, da sie mehr Informationen über die knöchernen Gegebenheiten enthalten.

Die in der vorliegenden Studie durchgeführte Reliabilitätsprüfung nach Dahlberg bestätigt die Vorteile einer dreidimensionalen Bildgebung. Der Methodenfehler der dreidimensionalen Analyse lag im Durchschnitt 72% unter dem Wert des bereits schon sehr niedrigen Methodenfehlers der kephalometrischen Analyse.

Dies bestätigt, dass eine dritte Dimension die Reliabilität nochmals deutlich verbessern kann.

Auch laut Goldhamer und Schüller ist die dritte Dimension dringend erforderlich um aussagekräftige Werte für die Sella turcica zu ermitteln. Studien, die nur die laterale Schädelansicht auswerten sind sehr unpräzise, da nur Tiefe und Länge, nicht aber die Breite in die Analyse mit einbezogen werden können [37].

Es ist wichtig, dass man bei der Analyse darauf achtet die Patienten beziehungsweise die untersuchten Personen nach Rasse aufzuteilen, da schon in anderen Studien auffiel, dass beispielsweise in der Sagittalen bei schwarzhäutigen Menschen die Sella turcica größere Dimensionen aufwies im Vergleich zu Hellhäutigen und auch bei Japanern zeigte sich beispielsweise ein viel geringeres Auftreten von Caroticoclinoid-Foramina im Vergleich zu anderen Rassen [41, 68, 73, 82].

Die vorliegende Untersuchung ist die erste Studie bei der die Dimensionen der Sella turcica in allen drei Raumebenen an klar definierten Gruppen mit skelettaler Klasse I und skelettaler Klasse III in DVT-Datensätzen untersucht wurden. Auch wurden in solchen Aufnahmen erstmalig die morphologischen Besonderheiten der Sella in Form von Sella-Bridgings und Caroticoclinoid-Foramina berücksichtigt. Die Studie geht mit den Ergebnissen der zweidimensionalen Studien zum Teil konform, zeigt aber auch deutliche Unterschiede auf.

Im Gruppenvergleich zeigten sich bezüglich der Metrik für die Klasse III-Gruppe bei der Höhenmessung geringere Werte als bei der Klasse I-Gruppe (Höhe mittig: $p=0,024$, M-Wert: Kl.III=7,07, KG=7,63 / Höhe rechts: $p=0,065$, M-Wert: Kl.III=6,73, KG=7,17 / Höhe links: $p=0,061$, M-Wert: Kl.III=6,76, KG=7,23). Die zentrale Höhe wies sogar eine deutliche Signifikanz beim Gruppenvergleich auf ($*p=0,024$). In der in dieser Studie ebenfalls durchgeführten kephalometrischen Analyse ergaben sich ähnliche Werte bezüglich der Höhe der Sella, diese unterschieden sich allerdings nicht signifikant im Gruppenvergleich. Auch bei den Ergebnissen der kephalometrischen Untersuchungen von Meyer-Marcotty

et al. [75] (s. Tabelle 11) und Alkofide [4] ließ sich kein signifikanter Unterschied für die Höhe der Sella turcica in der Klasse III-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe nachweisen. Die im Vergleich zur vorliegenden Studie vergrößerten Werte könnten sich durch die Erkenntnisse von Busch [16] erklären lassen, der herausfand, dass bei einem Vergleich zwischen röntgenologischen und anatomischen Messungen, die röntgenologischen Werte einen 1,6 mm - 2,1 mm höheren Wert aufweisen. Und sowohl Alkofide [4] als auch Meyer-Marcotty [75] erhielten ihre Messwerte aus Fernröntgenseitenbildern, während die Ergebnisse der vorliegenden Studie durch die Auswertung dreidimensionaler Aufnahmen, die mit Messungen am Schädel direkt vergleichbar sind, erzielt wurden.

Alkofide [4] fand in seiner Untersuchung, bei der er die Klassen I, II und III saudi-arabischer Menschen bezüglich des Durchmessers miteinander verglich, einen signifikanten Unterschied ($*p < 0,01$) heraus. In der Klasse III lag der Durchmesser durchschnittlich circa 1 mm über dem Wert von Klasse I beziehungsweise II. Die signifikant größeren Maße in der Klasse III-Gruppe konnten auch in der aktuellen dreidimensionalen Studie bestätigt werden. In der in dieser Studie ebenfalls durchgeführten zweidimensionalen Analyse ergaben sich ebenfalls signifikante Unterschiede bezüglich des Durchmessers im Gruppenvergleich. Hierbei lagen allerdings die Werte der Kontrollgruppe über denen der Klasse III. Die Überlagerungen von Strukturen in zweidimensionalen Aufnahmen könnten einen Grund für diese Abweichungen im Vergleich zur aktuellen Studie darstellen.

Bei der sagittalen Vermessung der Abstände zwischen den Processus clinoides anteriores und posteriores in der vorliegenden Studie ergaben sich rechts und links größere Abstandswerte in der Klasse III- (rechts: 6,04; links: 6,20) als in der Klasse I- (rechts: 5,15; links: 5,56) Gruppe. Rechts war der Unterschied mit $*p = 0,028$ sogar signifikant, links mit $p = 0,085$ allerdings nicht. Diese Messwerte wichen, verglichen mit denen von Lang [65], um fast das Doppelte ab. Während in der aktuellen Studie Werte im Bereich von 6 mm gemessen wurden, berichtete Lang in seinen Ausführungen über Strecken von gut 12 mm. Dies

mag daran liegen, dass er nicht jeweils von der Spitze, sondern von der Mitte der Processus aus gemessen hat, außerdem scheint der Autor die Werte aus einer Durchschnittsgruppe erhoben zu haben, die nicht wie in der vorliegenden Studie nach skelettaler Klasse unterteilt wurden. Die kephalometrisch erhobenen Werte von Jones [55], welcher eine Gruppe operativ-orthodontisch behandelte Patienten mit einer Gruppe rein orthodontisch behandelte Patienten verglich, waren deutlich geringer. Die Werte lagen in der Gruppe der kombiniert Behandelten bei 3,5 mm und in der rein orthodontisch behandelten Gruppe bei 4,1 mm. Diese Differenz verglichen zur aktuellen Studie kann damit erklärt werden, dass bei Jones zwar ebenfalls der kleinste Abstand zwischen beiden Processus gewählt wurde, hier aber Fernröntgenseitenbilder ausgewertet wurden. Bei der aktuellen Studie wurde auch noch der transversale Versatz der Processus mit einbezogen, der zu den größeren Werten führen könnte. Außerdem wurde bei Jones nicht auf die skelettale Klasse geachtet und bei der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder kann es außerdem durch Überlagerungen zu verfälschten Ergebnissen gekommen sein. Bei der kephalometrischen Analyse in der vorliegenden Studie zeigten sich bei der Messung des Abstandes zwischen den Processus insgesamt auch eher kleinere Werte als im Vergleich zur dreidimensionalen Analyse. Außerdem waren nicht wie bei der dreidimensionalen Analyse die Abstände bei der Klasse III größer im Vergleich zur Kontrollgruppe sondern umgekehrt (2D – Klasse III: 3,23 / Klasse I: 5,15). Dieser Unterschied in der zweidimensionalen Analyse war höchst signifikant. Eine Erklärung für die Differenz bezüglich der Maße kann hier ebenfalls wie bei Jones die Überlagerung der Strukturen bei Fernröntgenseitenaufnahmen sein. Camp [17], der für die Analyse auch keine klaren Patientenkriterien festgesetzt hatte, zeigte bezüglich der Abstände trotzdem ähnliche Werte, wie die der Klasse I- und III-Gruppe der aktuellen Studie. Die Werte von Camp lagen bei durchschnittlich 6,6 mm. Die Ähnlichkeit der Werte beider Studien kann darauf zurückgeführt werden, dass Camp an Schädeln Toter seine Messungen vornahm und die dreidimensionalen Aufnahmen der vorliegenden Studie mit Messungen an Schädeln vergleichbar waren, da es hier keine röntgenologischen Überlagerungen gibt.

Bei der transversalen Messung zeigten sich bei den anterioren Interclinoid-Abständen der Klasse III-Gruppe größere Werte (M-Wert=23,75) im Vergleich zur Klasse I-Gruppe (M-Wert=23,25). Die posterioren Interclinoid-Abstände in der Gruppe der skelettalen Klasse III (M-Wert=16,54) waren verglichen mit denen der Kontrollgruppe (M-Wert=17,37) verkleinert, was sich auch in einer Signifikanz von $*p=0,043$ zeigt. In Langs [65] Messungen lagen die Abstände zwischen den Processus clinoidei anteriores deutlich darüber. Lang hat die Abstände zwischen den Processus in einem mittleren Bereich in der apikalen Region gemessen, außerdem ist nicht klar ersichtlich wie das Patientenkollektiv in seiner Studie aufgebaut war. Meschan [74] wies bei seiner Darstellung darauf hin, dass die Processus clinoidei anteriores weiter auseinanderlagen, als die posteriores und diese Aussage geht mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie konform.

Signifikante Geschlechtsunterschiede zeigten sich lediglich in der Klasse III-Gruppe bei der rechten Höhenmessung ($*p=0,027$) und beim anterioren Interclinoid-Abstand ($*p=0,024$) und in der Klasse I ebenfalls beim anterioren Interclinoid-Abstand ($*p=0,019$). Alle anderen Werte wiesen darauf hin, dass die Maße bei beiden Geschlechtern in etwa in den gleichen Bereichen angesiedelt sind. Diese Erkenntnisse stimmen auch mit Auswertungen anderer Autoren überein [4, 10, 75].

Die morphologischen Untersuchungen spielen bei operativen Eingriffen eine wichtige Rolle und es ist zwingend erforderlich sich als Behandler vor chirurgischen Eingriffen mit der individuellen Morphologie eines jeden Patienten vertraut zu machen. Dies kann die Gefahr des Eintretens von Komplikationen minimieren.

Aber nicht nur für Operationen sondern auch für die kieferorthopädische Behandlung können Erkenntnisse über die Morphologie hilfreich sein, um frühzeitig eine passende Therapie zu wählen. Dies zeigte beispielsweise Leonardi in zwei Studien. Leonardi [69, 70] untersuchte, ob es einen

Zusammenhang gibt zwischen einem Sella-Bridging und Zahnanomalien. Hierfür wählte er Patienten mit Nichtanlagen von 7ern beziehungsweise palatinal verlagerten 3ern aus und fand einen eindeutigen signifikanten Zusammenhang. Somit zeigte er, dass dentale Anomalien und Sella-Veränderungen in Verbindungen gebracht werden können. Leonardi sah daraufhin die Möglichkeit, dass wenn bereits in der Kindheit ein Bridging entdeckt wird, der Behandler sich frühzeitig auf eine mögliche Zahnverlagerung bei seiner Therapie einstellen könne.

In der aktuellen Studie ließ sich für das Vorkommen von Sella-Bridgings ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden skelettalen Gruppen nachweisen. In Klasse III tauchte ein Bridging dreimal häufiger auf als in der Kontrollgruppe. 17,05% der Personen mit skelettaler Klasse III und 5,77% mit skelettaler Klasse I zeigten diese morphologische Variante der Sella turcica. Dies steht mit anderen kephalometrischen Studien im Einklang. Meyer-Marcotty et. al [75] konnten in der Klasse III-Gruppe bei 16,8% und in der Klasse I-Gruppe bei 9,4% der Fälle eine Verbindung von Processus clinoideus anterior und Processus clinoideus posterior nachweisen. Abdel-Kader [1] untersuchte die Fernröntgenseitenbildaufnahmen von insgesamt 748 Saudi-Arabern, von denen 635 einer Gruppe zugeteilt wurden, die rein orthodontisch behandelt wurden und 113 Patienten wurden kombiniert orthodontisch-operativ behandelt. Insgesamt entdeckte der Autor in 3,74% der Fälle ein Bridging, wobei die Patienten mit skelettaler Klasse III in beiden Gruppen am häufigsten diese interclinoidale Brücke aufwiesen. In der orthodontisch behandelten Gruppe wiesen 7,14% der Klasse III-Patienten ein Bridging auf, im Gegensatz dazu waren es bei den Klasse I-Patienten nur 3,21%. In der skelettalen Klasse III-Gruppe der kombiniert behandelten Patienten zeigte sich sogar eine Anteil von 10,71% mit einem Bridging. Dieser Wert liegt unter dem der vorliegenden Untersuchung, bei der in 17,05% der Fälle ein Bridging auftauchte. Grund hierfür kann eine andere ethnische Zugehörigkeit sein oder Überlagerungen in den Röntgenaufnahmen von Abdel-Kader.

Becktor stellte bei der Untersuchung der Fernröntgenseitenbildaufnahmen von 177 Patienten in orthodontisch-chirurgischer Therapie fest, dass ein eindeutiger Zusammenhang zwischen kraniofazialen Fehlentwicklungen und dem Auftreten eines Bridgings besteht [11]. Insgesamt zeigte sich bei Becktor mit einer Häufigkeit von 18,6% die Prävalenz für ein Bridging. Dieser Wert entspricht ungefähr den hier vorliegenden Ergebnissen dieser Studie. Becktor untersuchte Klasse II- und Klasse III-Patienten und stellte sowohl bei der Ausprägung des Bridgings in Form von Typ A als auch von Typ B eine höhere Anzahl an Fällen in der Gruppe der Klasse III-Patienten fest [11].

Das Caroticoclinoid-Foramen Typ I, eine Verbindung von Processus clinoideus anterior und Processus clinoideus medialis tauchte in der aktuellen Studie in der Gruppe mit skelettaler Klasse III in 23,86% der Fälle und in der Kontrollgruppe in 11,54% der Fälle auf und der Unterschied ist somit mit einem Wert von $p=0,056$ gerade nicht signifikant.

Ähnliche Werte, wie die der Kontrollgruppe, zeigten sich auch in anderen Untersuchungen. Bei der Studie von Reisch [92] wurden an 50 untersuchten Schädeln sieben Caroticoclinoid-Foramina Typ I gefunden, dies entspricht 8%-14%, abhängig davon, ob sie bilateral oder unilateral auftauchten, wozu sich der Autor nicht äußert. Freire [35] fand in 8,5% der Fälle mindestens ein Caroticoclinoid-Foramen Typ I. Ozdogmus [82] berichtete sogar von 27 Caroticoclinoid-Foramina Typ I an 100 untersuchten Seiten. Mit einem Wert von 27% liegt er somit weit entfernt von der aktuellen Studie und auch anderen Autoren. Der Autor selbst sah eine Ursache in der Rasse seines Patientenkollektivs.

Die aktuelle Studie berichtet in der Kontrollgruppe über 7,69% unilaterale Foramina und 3,85% bilaterale Foramina. Diese Werte sind mit denen von Freire [35] vergleichbar, der selbst 6,25% von unilateralen und 2,5% von bilateralen Fällen angab. Auch Lee [68] bestätigte ein häufigeres Vorkommen von unilateralen Caroticoclinoid-Foramina Typ I im Vergleich zu bilateralen.

Das kombinierte Auftreten von einem Caroticoclinoid-Foramen und einem Bridging, auch Caroticoclinoid-Foramen Typ II genannt, taucht in der vorliegenden Studie mit einem signifikanten Unterschied (* $p=0,039$) bei 11,36% der Personen in Klasse III und bei 1,92% der Personen in der Kontrollgruppe auf.

Huynh-Le [52] beobachtete dieses von Neiss bezeichnete Caroticoclinoid-Foramen Typ II an 4 von 55 Seiten, also in 7,3% der Fälle. Bei Archana [7] wurden die Schädel von 250 Indern untersucht und bei 14 (5,6%) von ihnen ein Caroticoclinoid-Foramen Typ II entdeckt. 0,8% davon waren bilaterale Foramina, 4,8% unilaterale. Archana [7] erwähnte eine Studie von Dyke, bei der bei 2-3% der amerikanischen Bevölkerung eine CCF Typ II auftauchte und weiterhin führte er eine Untersuchung von Keyes an, in welcher er bei den von ihm untersuchten Amerikanern eine Häufigkeit von 7,82% bezüglich des CCF Typ II feststellte.

Morphologische Vergleiche zwischen dem weiblichen und männlichen Geschlecht der beiden Gruppen zeigten in der vorliegenden Studie keinerlei signifikante Unterschiede.

Auch in der Studie von Freire [35] wird bestätigt, dass das Auftauchen solcher morphologischen Besonderheiten in beiden Geschlechtern in etwa gleich häufig ist.

Für das Auftauchen eines Bridgings beziehungsweise eines Caroticoclinoid-Foramens wurde vor allem bei der Klasse III-Gruppe eine höhere Tendenz auf der rechten Seite entdeckt. In früheren Studien untersuchten Autoren die skelettalen Asymmetrien vor allem im kraniofazialen Bereich. Hierbei wurde deutlich, dass die Asymmetrie bereits vor der Entwicklung der Kaugewohnheiten besteht und dass auch bei symmetrisch erscheinenden Gesichtern skelettale Ungleichmäßigkeiten vorliegen. Die Gründe dafür können genetische Faktoren oder Umwelteinflüsse, wie beispielsweise das einseitige Kauen etc., sein, beziehungsweise eine Kombination aus beiden. In manchen Untersuchungen wird die linke Seite als die größere beziehungsweise

ausgeprägtere dargestellt, in anderen Studien wiederum geht man davon aus, dass die rechte Seite auch in Bezug auf das Gesicht signifikant vergrößert ist. Diese Unterschiede können durch unterschiedliche Messmethoden, Aufnahmetechniken und Ein- und Ausschlusskriterien entstanden sein. Eine rechtsseitige Vergrößerung der Schädelbasis, wie sie in der Untersuchung von CBCT-Aufnahmen durch de Moraes bei 16 von 25 Messungen an 10 Schädeln entdeckt wurde, kann zum Beispiel mit einer verstärkten Entwicklung der rechten Gehirnhälfte begründet werden [23, 94, 101].

Es lässt sich insgesamt festhalten, dass ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Dimensionen und der Morphologie der Sella turcica und dem Auftreten von Malokklusionen, in diesem Fall einer skelettalen Klasse III festzustellen ist. Es zeigt sich bei der Klasse III-Gruppe eine insgesamt flachere und längere Sella turcica, die eher morphologischen Besonderheiten in Form von Bridgings oder Caroticoclinoid-Foramina aufweist.

5.1. Vergleich zu anderen Autoren (Tabelle 11)

Die Studienergebnisse von der vorliegenden Untersuchung, Axelsson, Meyer-Marcotty, Jones und Camp wurden in der Tabelle 11 (siehe Anhang) vergleichend dargestellt. Es handelt sich dabei um drei Untersuchungen an Fernröntgenseitenbildern und um eine an menschlichen Schädeln sowie um die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung. Bei den hier ausgewählten Quellen wurde darauf geachtet, dass es sich möglichst um Kaukasier und Untersuchungen an klar definierten Gruppen handelt. Die Tabelle bietet einen Überblick über die Ergebnisse anderer Autoren verglichen mit den Erkenntnissen der aktuellen Studie.

Axelsson [10] hat in seiner Studie Patienten mit einer skelettalen Klasse I untersucht. Er nutzte für seine Untersuchung Fernröntgenseitenbilder von Kaukasiern zwischen 6 bis 21 Jahren. Die Patienten unterteilte er in mehrere Gruppen, wovon nur die Gruppe der 18-Jährigen (♀37, ♂35) und der 21-Jährigen (♀15, ♂19) für den hier verwendeten Vergleich nutzbar sind. Es bestehen zu berücksichtigende Abweichungen bezüglich der metrischen Messungen im Vergleich zu der Messmethode der aktuellen Studie. Der Sella-Deckel wurde vom Dorsum sellae zum Tuberculum sellae gezogen - in der vorliegenden Studie hingegen wurde der Deckel aus den Punkten des Dorsum sellae und den Processus clinoidei anteriores konstruiert. Mittels der Konstruktion dieses Deckels wurde dann die Tiefe/Höhe der Sella genauso bestimmt wie in der aktuellen Studie. Die eher geringe Differenz zwischen den Messergebnissen kann durch die leicht unterschiedliche Konstruktion des Selladeckels begründet werden. Der Durchmesser wurde bei Axelsson genau spiegelverkehrt zur aktuellen Studie gemessen. Während er vom Tuberculum sellae zum posteriorsten Punkt der inneren Seite der hinteren Wand maß, wurde in der vorliegenden Analyse vom höchsten mittigen Punkt des Dorsum sellae zum anteriorsten Punkt der inneren Seite der vorderen Wand gemessen. Beim Durchmesser liegt Axelsson etwa 1-2 mm über den Werten der aktuellen Studie. Eine Begründung kann auch hier die abweichende Messmethodik sein. Die größte zu berücksichtigende Differenz zwischen beiden Studien sind die zur

Auswertung verwendeten Aufnahmetechniken. Wenn man dies berücksichtigt, kann man von relativ gleichen Ergebnissen beim Studienvergleich sprechen.

Meyer-Marcotty [75] verwendete für seine Untersuchungen ebenfalls Fernröntgenseitenbilder von Kaukasiern. Die Patienten mussten älter als 17 Jahre sein und durften keine Syndrome aufweisen. Er unterteilte das Patientengut in eine Gruppe mit skelettaler Klasse III (♀132, ♂118) und in eine Gruppe mit skelettaler Klasse I (♀94, ♂56). Auch in der Untersuchung von Meyer-Marcotty gibt es Unterschiede bei der Messung im Vergleich zur aktuellen Studie. Der Durchmesser wurde in der gleichen Weise wie bei Axelsson bestimmt, wodurch sich die ähnlichen Ergebnisse bei diesen beiden Studien erklären lassen und die gleiche Begründung wie bei Axelsson für die Differenz zwischen Meyer-Marcotty und der vorliegenden Studie anzuführen ist. Auch der Sella-Deckel entspricht der Konstruktion von Axelsson. Bei beiden Studien wurde vom Deckel aus ein Lot zum tiefsten Punkt des Sella-Bodens gefällt, um die Tiefe der Sella turcica zu ermitteln. Diese Methode entspricht abgesehen von der Konstruktion des Sella-Deckels, deren Abwandlung durch die dreidimensionale Analyse begründet werden kann, der Messung der vorliegenden Studie. Die hier um 0,5 bis 1,3 mm vergrößerten Werte im Vergleich zur aktuellen Studie können sowohl an der Konstruktion des Sella-Deckels liegen, als auch an den unterschiedlichen Aufnahmetechniken. Busch [16] wies darauf hin, dass röntgenologisch erzeugte Messwerte circa 1,6 bis 2,1 mm über den anatomischen Messwerten liegen können. Aufgrund der dreidimensionalen Aufnahmetechnik bei DVTs ist somit bei einem Vergleich ein stärkerer Bezug zu den anatomischen als zu den röntgenologischen Messwerten gegeben.

Des Weiteren untersuchte Meyer-Marcotty auch die Präsenz von Bridgings, die er in den Typ A (ribbon-like) und Typ B (extensions) unterteilte. In der Klasse I trat ein Bridging mit 9,4% Häufigkeit auf und liegt damit ungefähr in dem Bereich der aktuellen Studie (5,77%). In der Klasse III liegen die Ergebnisse für das Auftauchen eines Bridgings bei Meyer-Marcotty mit 16,8% und in der vorliegenden Studie mit 17,05% sehr eng beieinander. Dies liegt an den

ähnlichen Kriterien für das Gruppenkollektiv. Hiermit manifestieren sich die Ergebnisse gegenseitig. Der Unterschied bei der Klasse I kann abermals mit möglichen Überlagerungen bei den Fernröntgenseitenbildern in der Studie von Meyer-Marcotty begründet werden.

Die Besonderheit in der Analyse von Jones [55] liegt darin, dass er die Gruppen nicht nach skelettaler Klasse aufgeschlüsselt hatte, somit könnten sich in der operativ-orthodontisch behandelten Gruppe sowohl Patienten mit skelettaler Klasse III als auch mit skelettaler Klasse II befinden. Eine Untersuchung zwischen den Geschlechtern hat Jones ebenfalls nicht durchgeführt, was allerdings in Anbetracht der bisher in allen Studien nicht signifikanten Geschlechtsunterschiede auch nicht notwendig scheint. Jones untersuchte Fernröntgenseitenbilder von Kaukasiern, von denen 150 operativ-orthodontisch und 150 rein orthodontisch behandelt wurden. Die Tiefe der Sella wurde genauso gemessen wie bei Axelsson und Meyer-Marcotty und liegt aufgrund dessen - wie schon bei den beiden anderen Studien - etwas oberhalb der Messergebnisse der aktuellen Untersuchung. Der Durchmesser hingegen wurde different gemessen. Jones zog eine parallele Linie zum Sella-Deckel im Bereich der Fossa hypophysialis in der Höhe in der die größte Strecke erzielt wurde und verglich dann die Werte vom Sella-Deckel und der parallelen Linie und nahm den größten Wert zur Bestimmung des Durchmessers. Obwohl die Messwerte ähnlich denen der aktuellen Studie sind, kann man sie aufgrund der differenten Messtechniken nicht direkt miteinander vergleichen. Außerdem bestimmte Jones in seinen Untersuchungen auch den Interclinoid-Abstand, den er als kürzesten Abstand zwischen Processus clinoideus anterior und Processus clinoideus posterior definierte. Die doch relativ große Differenz der Messergebnisse zwischen Jones und der aktuellen Studie lässt sich durch mögliche Überlagerungen in den Fernröntgenseitenbildaufnahmen, durch den nicht berücksichtigten transversalen Versatz der Processus und die nicht vorgenommene Differenzierung zwischen Klasse II und Klasse III begründen. Ebenso wie bei Meyer-Marcotty untersuchte er die Präsenz von Bridgings, die wiederum in Typ A (ribbon-like) und Typ B (extensions) unterteilt wurden. Wenn man vor allem die operativ-orthodontisch behandelte Gruppe beurteilt, da auch

in der vorliegenden Studie die Patienten der Klasse III kombiniert operativ-orthodontisch behandelt wurden, liegen die Ergebnisse mit 16,7% und 17,05% sehr eng beieinander und bestätigen sich damit gegenseitig.

Camp [17] untersuchte 110 Schädel toter Menschen. Bei seinen Messmethoden für die antero-posteriore Strecke, die in den anderen Studien als Selladeckel bezeichnet wurde, wurde der dorsalste Punkt des Tuberculum sellae und die vorderste Ecke des Dorsum sellae genutzt, wobei beide Punkte in der gleichen Ebene lagen. Bei der Tiefenmessung zog Camp eine Linie von der antero-posterioren Strecke zum tiefsten Punkt des Sellabodens. Diese Messmethode ähnelt denen der anderen Studien und zeigt ähnliche Messergebnisse. Da Camp an Schädeln seine Messungen vornahm, konnte er auch die Weite bestimmen. Diese definierte er als Abstand zwischen den lateralen Begrenzungen der Fossa. Camp sprach nicht davon, wo genau er die Messung vollzogen hat, ob am Fossaboden oder mittig in der Fossa hypophysialis. Da die Ergebnisse bei ihm mit etwa 12 mm den Ergebnissen der vorliegenden Studie mit circa 11 mm sehr ähneln, scheint die Messung allerdings ähnlich der in dieser Studie durchgeführten Methode gewesen zu sein. Die Definition der Abstandsmessung zwischen den Processus entspricht denen der aktuellen Studie. Es wird zwar nicht klar, ob er ebenfalls wie bei der aktuellen Studie von der Spitze der Processus aus gemessen hat; es scheint sich aber aufgrund der ähnlichen Messwerte zu bestätigen. Durch die große Ähnlichkeit der Ergebnisse zeigt sich die Vergleichbarkeit und die Übereinstimmung von anatomischen Messergebnissen und denen die aus dreidimensionalen Aufnahmen gewonnen werden. Die großen Schwachpunkte von Camps Untersuchung sind eine mangelnde Differenzierung der skelettalen Klassen, ebenso ist die Rasse fraglich, Krankheiten wurden nicht ausgeschlossen und das Alter fand auch keinerlei Berücksichtigung.

5.2. Methodenfehler

Ein möglicher Methodenfehler, der allerdings aufgrund mangelnder Vergleichsstudien, die ebenfalls die Sella turcica in digitalen Volumentomographien ausgewertet haben, schwer festzumachen ist, könnten die verschiedenen Aufnahmetechniken gewesen sein. In der Universitätsklinik wurde ein Aufbisskeil verwendet, in der Praxis hingegen nicht. Dadurch war es nicht möglich mittels ANB oder WITs die Zuordnung zur Klasse III zu überprüfen. Durch den Vergleich der prä- und postoperativen Röntgenaufnahmen war es jedoch möglich die präoperative skelettale Klasse zu bestimmen. Aufgrund der Auflösungsbegrenzung in Form einer Voxelgröße von 0,3 mm beziehungsweise 0,4 mm, hat man bei der Studie eine Grenze von 0,5 mm festgesetzt. Das heißt, dass bei einem Abstand zwischen den Processus von $< 0,5$ mm von einer Verbindung der knöchernen Fortsätze und damit einem Bridging oder einem Caroticoclinoid-Foramen ausgegangen wurde. Auch hier könnte eine gewisse Fehlerquelle liegen. Durch qualitative Unterschiede der DVTs, war ab und an die Punktsetzung erschwert, was möglicherweise zu kleinen Abweichungen geführt haben könnte. Da es noch keine klar definierten Punkte für die dreidimensionale Auswertung, vergleichbar mit denen in den Analysen für Fernröntgenseitenbilder, gibt, ist die Vergleichbarkeit zu ähnlichen Studien eingeschränkt.

5.3. Schlussfolgerung

Der Vergleich und die Interpretation der Ergebnisse sind dadurch erschwert, dass es keine vergleichbaren Studien gibt, die ebenfalls digitale volumetomographische Aufnahmen ausgewertet haben. Es ist allerdings festzuhalten, dass die hohe Variabilität der Sella-Morphologie eine genaue Kenntnis über die Strukturen erforderlich macht. Hierbei haben sich DVT-Aufnahmen eindeutig bewährt, da sie Fernröntgenseitenbilder nicht nur ersetzen können, sondern auch zusätzliche Informationen in allen drei Raumebenen über die Strukturen der Sella-Region liefern können. Letztendlich wurde in dieser Studie eindeutig ein Zusammenhang zwischen Anomalitäten bezüglich Dimensionen und Morphologie der Sella turcica und der Klasse III-Dysgnathie bestätigt. Die Sella turcica stellte sich im metrischen Vergleich bei Klasse III-Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe eher flacher und länger dar. Zwar war bei beiden Gruppen der anteriore Interclinoid-Abstand deutlich größer als der posteriore – im Vergleich war der posteriore Abstand bei der Klasse III-Patienten aber signifikant kleiner als der der Klasse I-Patienten. Bei der Morphologie zeigte sich durch das gehäufte Auftauchen von Bridgings und Caroticoclinoid-Foramina Typ I und Typ II bei der Klasse III-Gruppe, dessen Präsenz im Vergleich zur Kontrollgruppe zum Teil signifikant war, ein eindeutiger Zusammenhang zwischen einer skelettalen Klasse III und einer Anomalität in der Morphologie der Sella turcica. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit früheren Studien, wie beispielsweise der von Meyer-Marcotty et al. [75]. Dieses Resultat ließ sich somit durch die dreidimensionale Untersuchungsmethode manifestieren. Fast alle metrischen Werte waren beim weiblichen Geschlecht im Vergleich zum männlichen in beiden Gruppen kleiner – signifikante Unterschiede waren aber selten. Morphologisch zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Bereits in vorherigen Studien wurde kein signifikanter Geschlechterunterschied festgestellt. Es ist eindeutig, dass weitere Untersuchungen in diesem Bereich notwendig sind, um noch mehr Informationen gewinnen zu können.

6. Zusammenfassung

Ziel

Ziel dieser Untersuchung war anhand von dreidimensionalen Datensätzen die Dimensionen und die Morphologie der Sella turcica zwischen zwei klar definierten Gruppen von Klasse III-Dysgnathiepatienten und von Klasse I-Patienten zu vergleichen.

Methode und Patienten

Zur Untersuchung wurden 140 DVT-Datensätze kaukasischer Patienten, deren Alter über 16 Jahren lag, genutzt. 88 Patienten (♀41, ♂47) wurden der skelettalen Klasse III und 52 Patienten (♀26, ♂26) wurden der skelettalen Klasse I, der sogenannten Kontrollgruppe zugeordnet. Für die Gruppe der Klasse III-Patienten wurden DVTs genutzt, die als präoperative Diagnostik für eine geplante Umstellungsosteotomie angefertigt wurden. Die Patienten der Klasse I-Gruppe mussten die Kriterien Vollbezahnung und Normokklusion erfüllen und mindestens einen der folgenden Werte: $SNA = 81^\circ \pm 3,5^\circ$, $NSBa = 124^\circ - 136^\circ$, korrigierter WITs = $0 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Ausschlusskriterien waren Tumore, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und kraniofaziale Syndrome.

Ergebnisse

Bezüglich der metrischen Daten zeigten sich beim Vergleich der Sellae der beiden Gruppen in der vertikalen Dimension für die Klasse III-Gruppe kleinere Werte, für die sagittalen Dimensionen hingegen größere Werte, sodass man sagen kann, dass die Sellae turcicae der Klasse III-Gruppe eher länger und flacher waren. Während bei der transversalen Betrachtung der anteriore Interclinoid-Abstand bei der Klasse III-Gruppe größer war als bei der Kontrollgruppe, war der posteriore signifikant kleiner. Beim geschlechterspezifischen Vergleich der metrischen Daten zeigte sich in der Klasse III-Gruppe und in der Kontrollgruppe für den anterioren Interclinoid-Abstand ein signifikanter Unterschied, da beim männlichen Geschlecht jeweils ein deutlich größerer Abstand zu messen war. In der Klasse III-Gruppe zeigte sich ebenfalls beim männlichen Geschlecht rechts eine größere Höhe der Sella,

als beim weiblichen – auch dieser Vergleich war signifikant. Ansonsten waren keine signifikanten Geschlechtsunterschiede bezüglich der Metrik zu verzeichnen. Beim Vergleich der Morphologie der Sella zwischen den Gruppen zeigte sich sowohl beim Bridging als auch beim Caroticoclinoid-Foramen Typ II ein deutlich gehäuftes Auftreten im Vergleich zur Kontrollgruppe. Diese Gruppenvergleiche zeigten signifikante Unterschiede. Das Caroticoclinoid-Foramen Typ I war ebenfalls bei der skelettalen Klasse III-Gruppe häufiger vertreten – ein signifikanter Unterschied wurde nur knapp verfehlt. Der geschlechtsspezifische morphologische Vergleich ergab keinerlei signifikante Unterschiede.

Schlussfolgerung

Da ähnliche dreidimensionale Studien bislang fehlen, ist der Vergleich mit anderen Studienergebnissen, bei denen zweidimensionale Röntgenaufnahmen oder Schädel als Grundlage dienten, erschwert. Deutlich zeigt sich bei der vorliegenden Studie die erhöhte Informationsmenge, da im Vergleich zu Studien, bei denen Fernröntgenseitenbilder verwendet wurden, alle drei Raumebenen untersucht werden konnten. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass die Metrik der Sella bei Klasse III-Patienten von der der Kontrollgruppe abweicht – die Sellae turcicae sind eher flacher und länger. Deutlich ist auch das gehäufte und das zum Teil signifikant höhere Auftreten von Bridgings und Caroticoclinoid-Foramina Typ I und II bei den Patienten der Klasse III-Gruppe im Vergleich zur Klasse I-Gruppe. Aufgrund der dreidimensionalen Untersuchungsmethode der vorliegenden Studie – im Vergleich zu den bisher meist zweidimensional durchgeführten Untersuchungen in anderen Studien – sind die Ergebnisse ein eindeutiger Beleg für den Zusammenhang von morphologischen und metrischen Änderungen der Sella bei Patienten mit skelettaler Klasse III. Um noch mehr wichtige Informationen in diesem Bereich gewinnen zu können, sind weitere dreidimensionale Untersuchungen wünschenswert.

7. Literaturverzeichnis

1. Abdel-Kader, H.M., *Sella turcica bridges in orthodontic and orthognathic surgery patients. A retrospective cephalometric study.* Australian orthodontic journal, 2007. **23**(1): p. 30-5.
2. Aggarwal, B.G., Madhur; Kumar, Harsh, *Ossified carotico-clinoid ligament of Sphenoid bone.* Bombay Hospital Journal, 2011. **53**(4): p. 743-6.
3. Alkofide, E., *Pituitary Adenoma: a cephalometric finding.* American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2001. **120**(5): p. 559-62.
4. Alkofide, E.A., *The shape and size of the sella turcica in skeletal Class I, Class II, and Class III Saudi subjects.* European journal of orthodontics, 2007. **29**(5): p. 457-63.
5. Amar, A.P. and M.H. Weiss, *Pituitary anatomy and physiology.* Neurosurgery clinics of North America, 2003. **14**(1): p. 11-23, v.
6. Andredaki, M., et al., *A cephalometric morphometric study of the sella turcica.* European journal of orthodontics, 2007. **29**(5): p. 449-56.
7. Archana, R., et al., *Incidence of osseous interclinoid bars in Indian population.* Surgical and radiologic anatomy : SRA, 2010. **32**(4): p. 383-7.
8. Argyropoulou, M., et al., *Height of normal pituitary gland as a function of age evaluated by magnetic resonance imaging in children.* Pediatric radiology, 1991. **21**(4): p. 247-9.

9. Axelsson, S., K. Storhaug, and I. Kjaer, *Post-natal size and morphology of the sella turcica in Williams syndrome*. European journal of orthodontics, 2004. **26**(6): p. 613-21.
10. Axelsson, S., K. Storhaug, and I. Kjaer, *Post-natal size and morphology of the sella turcica. Longitudinal cephalometric standards for Norwegians between 6 and 21 years of age*. European journal of orthodontics, 2004. **26**(6): p. 597-604.
11. Becktor, J.P., S. Einersen, and I. Kjaer, *A sella turcica bridge in subjects with severe craniofacial deviations*. European journal of orthodontics, 2000. **22**(1): p. 69-74.
12. Benninghoff/Drenckhahn, *Taschenbuch Anatomie*, 1. Auflage, 2008: Elsevier GmbH, München; Kapitel 2, 4, 10, 11.
13. Bergland, R.M., B.S. Ray, and R.M. Torack, *Anatomical variations in the pituitary gland and adjacent structures in 225 human autopsy cases*. Journal of neurosurgery, 1968. **28**(2): p. 93-9.
14. Bock, J.J., J. Bock, and F. Bock, *Grundwissen Kieferorthopädie - Interdisziplinäre Zusammenarbeit, Diagnostik, Therapie*, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2011: Spitta Verlag GmbH & Co KG; Kapitel "Schädel- und Gebissentwicklung", "Therapeutische Maßnahmen".
15. Bui, C., et al., *Phenotypic characterization of Class III patients*. Angle Orthod, 2006. **76**(4): p. 564-9.
16. Busch, W., *Die Morphologie der Sella turcica und ihre Beziehungen zur Hypophyse*. Virchows Archiv : an international journal of pathology, 1951. **320**(5): p. 437-58.

17. Camp, J.D., *The normal and the pathologic anatomy of the sella turcica as revealed at necropsy*. Radiology, 1923: p. 65-73.
18. Camp, J.D., *The normal and pathologic anatomy of the sella turcica as revealed by roentgenograms*. Am J of Roentgenology, 1924(12): p. 143-155.
19. Cattaneo, P.M., et al., *Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2008. **134**(6): p. 798-802.
20. Chang, H.P., et al., *Cranial-base morphology in children with class III malocclusion*. Kaohsiung J Med Sci, 2005. **21**(4): p. 159-65.
21. Chang, H.P., Y.C. Tseng, and T.M. Chou, *An enlarged sella turcica on cephalometric radiograph*. Dento maxillo facial radiology, 2005. **34**(5): p. 308-12.
22. Danziger, J., et al., *The sella turcica in primary end organ failure*. Radiology, 1979. **131**(1): p. 111-5.
23. de Moraes, M.E., et al., *Evaluating craniofacial asymmetry with digital cephalometric images and cone-beam computed tomography*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2011. **139**(6): p. e523-31.
24. Di Chiro, G. and K.B. Nelson, *The volume of the sella turcica*. The American journal of roentgenology, radium therapy, and nuclear medicine, 1962. **87**: p. 989-1008.

25. Dibbets, J.M., *Morphological associations between the Angle classes*. Eur J Orthod, 1996. **18**(2): p. 111-8.
26. Diedrich, P., *Kieferorthopädie I*, 4. Auflage, 2000: Urban & Fischer; Kapitel "Ätiologie und Pathogenese von Dysgnathien".
27. Diedrich, P., *Kieferorthopädie II*, 4. Auflage, 2000: Urban & Fischer; Kapitel "Therapie der Klasse III".
28. Drake, R., W. Vogl, and A. Mitchell, *Gray's Anatomie für Studenten*, 1. Auflage, 2007: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; Kapitel 1 und 8.
29. Ellis, E., 3rd and J.A. McNamara, Jr., *Components of adult Class III malocclusion*. J Oral Maxillofac Surg, 1984. **42**(5): p. 295-305.
30. Elster, A.D., *Imaging of the sella: anatomy and pathology*. Seminars in ultrasound, CT, and MR, 1993. **14**(3): p. 182-94.
31. Elster, A.D., et al., *Pituitary gland: MR imaging of physiologic hypertrophy in adolescence*. Radiology, 1990. **174**(3 Pt 1): p. 681-5.
32. Elster, A.D., et al., *Size and shape of the pituitary gland during pregnancy and post partum: measurement with MR imaging*. Radiology, 1991. **181**(2): p. 531-5.
33. Enlow, D.H., *Handbuch des Gesichtswachstums*, 1989: Quintessenz-Verlags-GmbH; p.384-5.
34. FitzPatrick, M., et al., *Imaging of sellar and parasellar pathology*. Radiologic clinics of North America, 1999. **37**(1): p. 101-21.
35. Freire, A., *Caroticoclinoid Foramen in Human Skulls: Incidence, Morphometry and its Clinical Implications*. Int. J. Morphol., 2011. **29**(2): p. 427-431.

36. Friedland, B. and M.C. Meazzini, *Incidental finding of an enlarged sella turcica on a lateral cephalogram*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 1996. **110**(5): p. 508-12.
37. Goldhamer, K. and A. Schüller, *Die Varietät der Sella turcica*. Fortschr. Röntgenstr., 1925(33): p. 894-900.
38. Goluboff, L.G. and C. Ezrin, *Effect of pregnancy on the somatotroph and the prolactin cell of the human adenohypophysis*. The Journal of clinical endocrinology and metabolism, 1969. **29**(12): p. 1533-8.
39. Grauer, D., L.S. Cevitanes, and W.R. Proffit, *Working with DICOM craniofacial images*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2009. **136**(3): p. 460-70.
40. Guyer, E.C., et al., *Components of class III malocclusion in juveniles and adolescents*. Angle Orthod, 1986. **56**(1): p. 7-30.
41. Haas, L.L., *The size of the sella turcica by age and sex*. The American journal of roentgenology, radium therapy, and nuclear medicine, 1954. **72**(5): p. 754-61.
42. Hardy, D., Y. Cubas, and M. Orellana, *Prevalence of angle class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis*. . Open Journal of Epidemiology, 2012. **2**: p. 75-82.
43. Harlin, R.S. and J.R. Givens, *Sheehan's syndrome associated with eclampsia and a small sella turcica*. Southern medical journal, 1968. **61**(9): p. 909-11.

44. Hintz, E.B., et al., *Positron emission tomography-computed tomography coregistration for diagnosis and intraoperative localization in recurrent nelson syndrome*. J Neurol Surg Rep, 2013. **74**(1): p. 33-6.
45. Hochstetter, F., *Über die Taenia interclinoidea, die Commissura aliocochlearis und die Cartilago supracochlearis des menschlichen Primordialkraniums*. Gegenbaurs morphologisches Jahrbuch, 1940. **84**: p. 220-43.
46. Hopkin, G.B., W.J. Houston, and G.A. James, *The cranial base as an aetiological factor in malocclusion*. The Angle orthodontist, 1968. **38**(3): p. 250-5.
47. Horch, H.-H., *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*, 4. vollständig überarbeitete Auflage 2007: München, Elsevier, Urban&Fischer; Kapitel 15.
48. <http://www.kavo.de/Produkte/Dental-Imaging/DVT-Röntgen/3D-Röntgen-KaVo-3D-eXam.aspx>. *KaVo Dental GmbH*. Stand: 10.03.2013.
49. <http://www.sirona.com/de/produkte/bildgebende-systeme/galileos/>. *Sirona Dental GmbH*. Stand: 10.03.2013.
50. <http://www.zmk-aktuell.de/zahnheilkunde/digitale-praxis/story/digitale-volumentomographie-was-man-wissen-muss.html>. *Digitale Volumentomographie: Was man wissen muss*. Stand: 31.08.2013.
51. Hubble, D., *Diagnosis of hypopituitarism in childhood*. Archives of disease in childhood, 1967. **42**(223): p. 228-31.
52. Huynh-Le, P., Y. Natori, and T. Sasaki, *Surgical anatomy of the anterior clinoid process*. Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia, 2004. **11**(3): p. 283-7.

53. Ikeda, H., et al., *The development and morphogenesis of the human pituitary gland*. Anat Embryol (Berl), 1988. **178**(4): p. 327-36.
54. Inoue, T., et al., *Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study*. Neurosurgery, 1990. **26**(6): p. 903-32.
55. Jones, R.M., et al., *Bridging and dimensions of sella turcica in subjects treated by surgical-orthodontic means or orthodontics only*. The Angle orthodontist, 2005. **75**(5): p. 714-8.
56. Kahl-Nieke, B., *Einführung in die Kieferorthopädie - Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie*, 3. überarbeitete Auflage, 2010: Deutscher Zahnärzte Verlag; Kapitel 2, 15 und 21.
57. Keller, N. and F. Galatius-Jensen, *Enlarged sella turcica associated with a rare vascular anomaly*. The British journal of radiology, 1975. **48**(575): p. 936-7.
58. Keyes, J.E.L., *Observations on four thousand optic foramina in human skulls of known origin*. Archives of ophthalmology, 1935. **13**: p. 538-68.
59. Kjaer, I., *Ossification of the human fetal basicranium*. Journal of craniofacial genetics and developmental biology, 1990. **10**(1): p. 29-38.
60. Kjaer, I. and B. Fischer-Hansen, *The adenohipophys and the cranial base in early human development*. Journal of craniofacial genetics and developmental biology, 1995. **15**(3): p. 157-61.
61. Kjaer, I.K., J.; Hansen, B., *The prenatal human cranium - normal and pathologic development*, 1999: Munksgaard, Copenhagen; Kapitel 6 und 7.

62. Kumar, V., et al., *In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms*. The Angle orthodontist, 2008. **78**(5): p. 873-9.
63. Kurnick, J.E. and F.D. Hofeldt, *Evaluation of the abnormal sella turcica*. Rocky Mountain medical journal, 1976. **73**(5): p. 274-8.
64. Lang, J., *Structure and postnatal organization of heretofore uninvestigated and infrequent ossifications of the sella turcica region*. Acta anatomica, 1977. **99**(2): p. 121-39.
65. Lang, J., *Skull Base and Related Structures - Atlas of Clinical Anatomy*, 1995: Schattauer; Kapitel "Development", "Clinical anatomy of approaches".
66. Lang, J. and K.F. Tisch-Rottensteiner, *Über Form und Formvarianten der Sella turcica*. Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft, 1977(71 Pt 2): p. 1279-82.
67. Latham, R.A., *The different relationship of the sella point to growth sites fo the cranial base in fetal life*. Journal of dental research, 1972. **51**(6): p. 1646-50.
68. Lee, H.Y., et al., *Anterior clinoid process and optic strut in Koreans*. Yonsei Med J, 1997. **38**(3): p. 151-4.
69. Leonardi, R., et al., *A sella turcica bridge in subjects with dental anomalies*. European journal of orthodontics, 2006. **28**(6): p. 580-5.
70. Leonardi, R., M. Farella, and M.T. Cobourne, *An association between sella turcica bridging and dental transposition*. European journal of orthodontics, 2011. **33**(4): p. 461-5.

71. Loepp, W. and R. Lorenz, *Röntgendiagnostik des Schädels*, 1954: Georg Thieme Verlag; Kapitel Sella turcica und Endokranielle Verkalkungen.
72. Ludlow, J.B., et al., *Precision of cephalometric landmark identification: cone-beam computed tomography vs conventional cephalometric views*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 2009. **136**(3): p. 312 e1-10; discussion 312-3.
73. Melsen, B., *The Cranial Base - The postnatal development of the cranial base studied histologically on human autopsy material*, . Vol. 32. 1974, Aarhus: Acta Odontologica. Kapitel 4, 8.
74. Meschan, I., *An atlas of anatomy basic to radiology*, 1975: Philadelphia: Saunders; p. 343-8.
75. Meyer-Marcotty, P., T. Reuther, and A. Stellzig-Eisenhauer, *Bridging of the sella turcica in skeletal Class III subjects*. European journal of orthodontics, 2010. **32**(2): p. 148-53.
76. Meyer-Marcotty, P., et al., *Morphology of the sella turcica in Axenfeld-Rieger syndrome with PITX2 mutation*. Journal of oral pathology & medicine : official publication of the International Association of Oral Pathologists and the American Academy of Oral Pathology, 2008. **37**(8): p. 504-10.
77. Müller, F., *Die Bedeutung der Sellabrücke für das Auge*. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde und für augenärztliche Fortbildung, 1952. **120**(3): p. 298-302.

78. Mutluer, S., *Sella turcica*. Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery, 2006. **22**(4): p. 333.
79. Neiss, A., *Die Sellabrücke, eine Erscheinungsform des Foramen caroticoclinoidum*. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin, 1956. **84**(1): p. 70-2.
80. Nötzel, Hartung, and Schultz, *Fernröntgenseitenbildanalyse*, 2007: Deutscher Zahnärzterverlag; p. 108,138,139.
81. Nötzel and Schultz, *Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik*, 2. überarbeitete Auflage, 2009: Deutscher Zahnärzte Verlag; Kapitel 2 "Terminologie und Nomenklatur".
82. Ozdogmus, O., et al., *The anatomy of the carotico-clinoid foramen and its relation with the internal carotid artery*. Surgical and radiologic anatomy : SRA, 2003. **25**(3-4): p. 241-6.
83. Ozdogmus, O.S., E.; Tulay, C.; Gurdal, E.; Uzun, I.; Cavdar, S., *Ossification of interclinoid ligament and its clinical significance*. Neuroanatomy, 2003. **2**: p. 25-27.
84. Pasler, F.A., *Zahnärztliche Radiologie*, 2008: Georg Thieme Verlag; Kapitel "Zahnärztliche Röntgengeräte".
85. Perillo, L., et al., *Prevalence of orthodontic treatment need in southern Italian schoolchildren*. Eur J Orthod, 2010. **32**(1): p. 49-53.
86. Platzer, W., *Zur Anatomie der Sellabrücke und ihrer Beziehung zur A. carotis interna*. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin, 1957. **87**(5): p. 613-6.

87. Pribram, H.W. and G.H. du Boulay, *Sella turcica*. Radiology of the skull and brain, 1971: p. 357-405.
88. Proff, P., et al., *Cranial base features in skeletal Class III patients*. The Angle orthodontist, 2008. **78**(3): p. 433-9.
89. Putz, R. and R. Pabst, *Sobotta - Anatomie des Menschen - Der komplette Atlas in einem Band*, 22. Auflage, 2007: Urban & Fischer Verlag, Elsevier GmbH; p. 664.
90. Quereshy, F.A., T.A. Savell, and J.M. Palomo, *Applications of cone beam computed tomography in the practice of oral and maxillofacial surgery*. Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 2008. **66**(4): p. 791-6.
91. Rakosi, T., *Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenseitenanalyse*, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, 1988: Carl Hanser Verlag München Wien; p. 45, 47, 48, 51, 55, 67, 68, 70, 72.
92. Reisch, R., et al., *Topographic microsurgical anatomy of the paraclinoid carotid artery*. Neurosurgical review, 2002. **25**(3): p. 177-83.
93. Reitemeier, B., N. Schwenzer, and M. Ehrenfeld, *Einführung in die Zahnmedizin*, 2006, Georg Thieme Verlag KG; Kapitel 3 "Orofaziales System".
94. Rossi, M., E. Ribeiro, and R. Smith, *Craniofacial asymmetry in development: an anatomical study*. Angle Orthod, 2003. **73**(4): p. 381-5.
95. Schiebler, T.H., *Anatomie*, 9. vollständig überarbeitete Auflage, 2005: Springer Medizin Verlag; p. 379 und Kapitel 3.

96. Schopf, P., *Curriculum - Kieferorthopädie, Band 1*, 2008: Quintessenz Verlags-GmbH; Kapitel 1 und 3.
97. Schünke, M., E. Schulte, and U. Schumacher, *Prometheus - Kopf, Hals und Neuroanatomie*, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2009: Georg Thieme Verlag; p.22.
98. Schwenzer, N. and M. Ehrenfeld, *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde - Chirurgische Grundlagen*, 4. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 2008: Georg Thieme Verlag KG; Kapitel 3 - Bildgebende Verfahren.
99. Schwenzer, N. and M. Ehrenfeld, *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde - Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*, 2011: Georg Thieme Verlag KG; Kapitel 4 und 8.
100. Schwenzer, N. and N. Ehrenfeld, *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde - Zahnärztliche Chirurgie*, 2009: Georg Thieme Verlag KG; Kapitel 9.
101. Shah, S.M. and M.R. Joshi, *An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex*. Angle Orthod, 1978. **48**(2): p. 141-8.
102. Singh, G.D., *Morphologic determinants in the etiology of class III malocclusions: a review*. Clin Anat, 1999. **12**(5): p. 382-405.
103. Singh, G.D., J.A. McNamara, Jr., and S. Lozanoff, *Morphometry of the cranial base in subjects with Class III malocclusion*. J Dent Res, 1997. **76**(2): p. 694-703.
104. Skrzat, J., R. Szewczyk, and J. Walocha, *The ossified interclinoid ligament*. Folia morphologica, 2006. **65**(3): p. 242-5.

105. Sperber, G.H., *Embryologie des Kopfes*, 1992: Quintessenz-Verlags-GmbH; Kapitel 2 und 8.
106. Suomalainen, A., et al., *Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners*. Dentomaxillofac Radiol, 2009. **38**(6): p. 367-78.
107. Teal, J.S., *Radiology of the adult sella turcica*. Bulletin of the Los Angeles neurological societies, 1977. **42**(3-4): p. 111-74.
108. Thomson, J.L., *Enlargement of the sella turcica; a report on 27 cases*. The British journal of radiology, 1955. **28**(333): p. 454-61.
109. van Vlijmen, O.J., et al., *Comparison of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scans and conventional radiographs*. Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 2009. **67**(1): p. 92-7.
110. Weisberg, L.A., *Asymptomatic enlargement of the sella turcica*. Archives of neurology, 1975. **32**(7): p. 483-5.
111. Willems, G., et al., *Prevalence of dentofacial characteristics in a belgian orthodontic population*. Clin Oral Investig, 2001. **5**(4): p. 220-6.
112. Xiao, S.X., et al., *Sella turcica anatomy by three-dimensional computed tomography for an endonasal transsphenoidal approach to pituitary adenoma*. Minimally invasive neurosurgery : MIN, 2011. **54**(4): p. 162-6.
113. Xue, F., R.W. Wong, and A.B. Rabie, *Genes, genetics, and Class III malocclusion*. Orthod Craniofac Res, 2010. **13**(2): p. 69-74.

7. Literaturverzeichnis

114. Ylikorkala, O., S. Kivinen, and M. Reinila, *Serial prolactin and thyrotropin responses to thyrotropin-releasing hormone throughout normal human pregnancy*. J Clin Endocrinol Metab, 1979. **48**(2): p. 288-92.
115. Zagga, A.D., et al., *Description of the normal variants of the anatomical shapes of the sella turcica using plain radiographs: experience from Sokoto, Northwestern Nigeria*. Annals of African medicine, 2008. **7**(2): p. 77-81.
116. Zöller, J.E., *Digitale Volumetomographie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde - Grundlagen, Diagnostik und Behandlungsplanung*, 2007: Quintessenz-Verlags-GmbH; Kapitel 1 und 2.

8. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen	Erläuterungen
Abb.	Abbildung
ACTH	Adrenocorticotropes Hormon (Corticotropin)
ADH	Antidiuretisches Hormon (Vasopressin)
ANB	A-Punkt – Nasion – B-Punkt
CBCT	Cone-Beam-Computed-Tomography
CCF	Caroticoclinoid-Foramen
cm	Zentimeter
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DVT	Digitale Volumetomographie
FRS	Fernröntgenseitenbild
FSH	Follikel-stimulierendes Hormon (Follitropin)
GH	Wachstumshormon (growing hormone)
IA/Intercl. Abstand	Interclinoid-Abstand
KG	Kontrollgruppe
korrig.	korrigiert
kV	Kilovolt
kVp	Kilovolt _{peak} (Spitzenwert der Röhrenspannung)
LH	Luteinisierendes Hormon (Lutropin)
li	links
mA	milli-Ampere
microSv	micro-Sievert
min	Minute
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
M-Wert	Mittelwert
NSAr	Nasion – Sella – Articulare (Schädelbasiswinkel)
NSBa	Nasion – Sella – Basion
NPcBo	Nasion – Processus clinoideus posterior – Bolton Punkt (Schädelbasiswinkel)
OPG	Orthopantomogramm
PCA/Proc. clin. ant.	Processus clinoideus anterior
PCM	Processus clinoideus medialis
PCP/Proc. clin. post.	Processus clinoideus posterior
PRL	Prolaktin
re	rechts

8. Abkürzungsverzeichnis

sec.	Sekunde
SNA	Sella – Nasion – A-Punkt
SNB	Sella – Nasion – B-Punkt
STH	Somatotropes Hormon
Tab.	Tabelle
TSH	Thyroidea-stimulierendes Hormon (Tyrotropin)
vgl.	vergleiche

9. Anhang

9.1. Seltene Variationen der Sella turcica

In der Folge sind einige Bilder von besonderen Sella-Formationen aufgelistet, die während der aktuellen Analyse auftraten. So konnte bei einem Patienten ein beidseitiges Caroticoclinoid-Foramen (Abb.19) festgestellt werden.

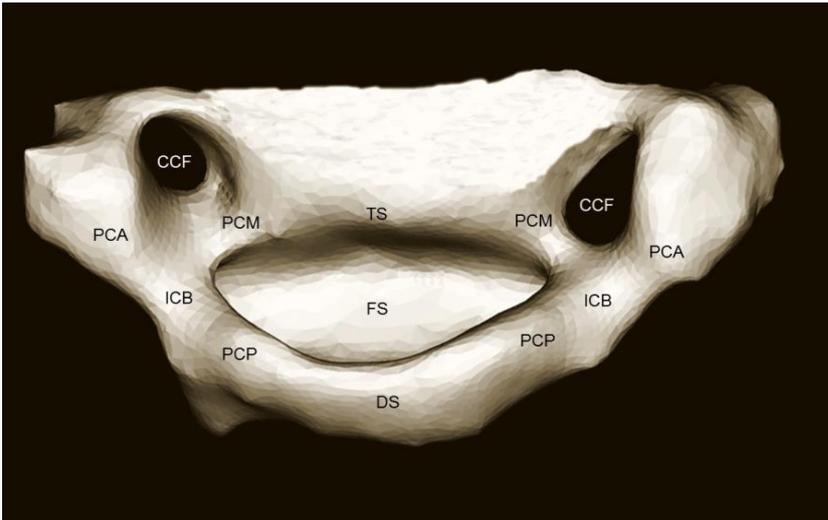


Abbildung 19: Sella turcica in Draufsicht mit beidseitigem Caroticoclinoid-Foramen (Abkürzungen entsprechen Abbildung 6); Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics® aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

Bei einem weiteren Patienten konnte keine direkte knöcherne Verschmelzung zwischen Processus clinoideus anterior und Processus clinoideus posterior festgestellt werden, sondern es lag eine dünne knorpelige Struktur vor (Abb.20), die in Kontakt mit den beiden Processus stand.

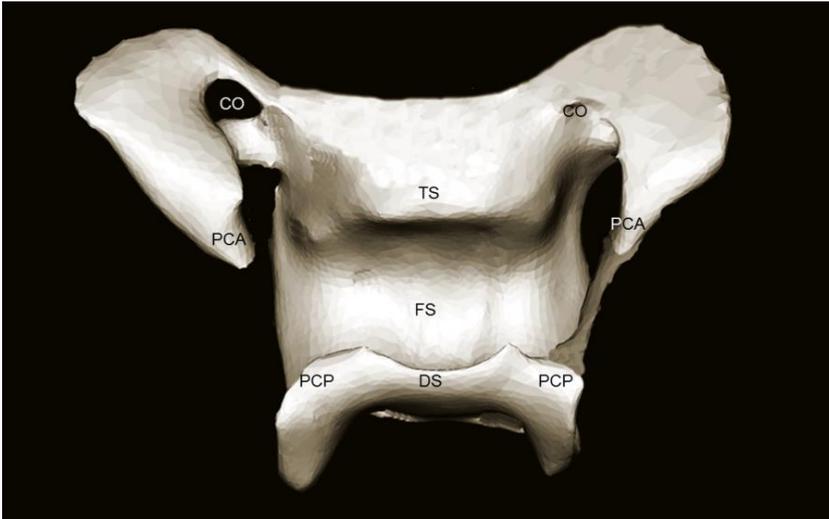


Abbildung 20: Sella turcica in Draufsicht mit rechtsseitiger dünner Knorpel-Knochen-Verbindung (dunkler dargestellt) zwischen den Processūs (Abkürzungen entsprechen Abbildung 6); Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics® aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

Die Processūs clinoides posteriores der Sella turcica eines anderen Patienten überragten die Fossa hypophysialis so weit, dass der rechtsseitige Processus clinoides posterior beinahe das Tuberculum sellae berührte (Abb.21).

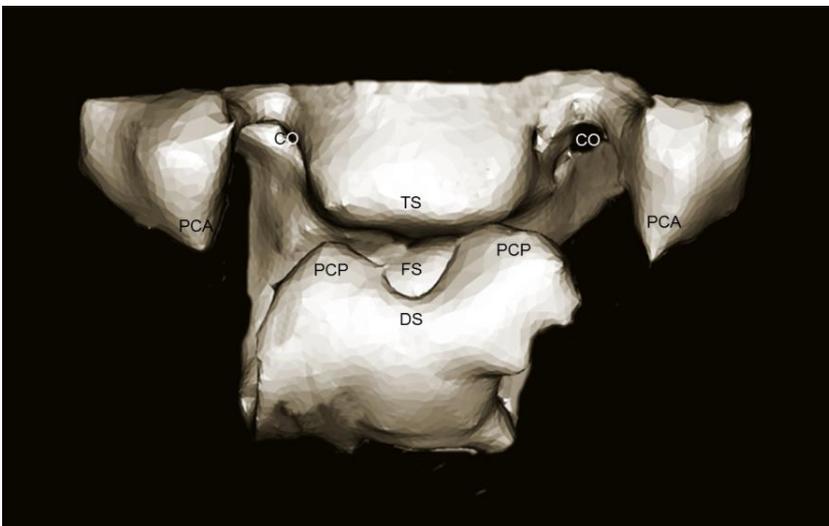


Abbildung 21: Sella turcica in Draufsicht - die Processūs clinoides posteriores überragen die Fossa hypophysialis und berühren fast das Tuberculum (Abkürzungen entsprechen Abbildung 6); Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics® aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

9.2. Zweidimensionale Analyse

aus Rakosi [91] und Nötzel [80]

Punkte

Nasion, Na

„Vorderstes Ende der Sutura nasofrontalis in der Median-Sagittal-Ebene“

Sella, S

„Mittelpunkt der Fossa hypophysialis [..., der] in der Median-Sagittal-Ebene liegt“

A-Punkt, Subspinale

„Tiefster Punkt an der äußeren Krümmung zwischen der Oberkieferbasis und dem Alveolarfortsatz in der Median-Sagittal-Ebene“

B-Punkt, Supramentale

„Dieser Punkt stellt das vorderste Ende der Unterkieferbasis dar; er ist in der tiefsten Einziehung der äußeren Krümmung des Unterkieferkörper-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene lokalisiert“

Anteriores Okklusalplanum, AocP

„konstruierter Punkt, der durch Halbierung der Strecke des Schneidezahnüberbisses in der Schlussbissstellung ermittelt wird“

Posteriores Okklusalplanum, PocP

„distalster Berührungspunkt der letzten in Okklusion stehenden Molaren“

Basion, Ba

„Unterster Punkt am vorderen Rand des Foramen magnum in median-sagittaler Ebene“

Winkel

SNA (Sella-Nasion-A-Punkt / Prognathiewinkel der Maxilla)

$81^\circ \pm 3,5^\circ$; „bezeichnet die anterior-posteriore Lage des A-Punktes in Beziehung zur vorderen Schädelbasis“

SNB (Sella-Nasion-B-Punkt / Prognathiewinkel der Mandibula)

$78^\circ \pm 3^\circ$; „drückt die anterior-posteriore Lage des Unterkiefers in Beziehung zur vorderen Schädelbasis aus“

NSBa (Nasion-Sella-Basion, Schädelbasiswinkel)

$131,7^\circ$ ($124^\circ - 136^\circ$); „Abknickung der Schädelbasis und damit die Relation der Clivus zur vorderen Schädelbasis“

Strecken

WITs (Jacobsen)

$0 \text{ mm} \pm 2\text{mm}$; Okklusionsebene als Bezugsebene zur Bestimmung der intermaxillären Beziehung, „Punkte A und B werden senkrecht auf die Okklusionseben“ projiziert, Wert vergrößert → Klasse II-Anomalie; Wert verkleinert → Klasse III-Anomalie

Messungen für Sella (zum Teil aus [17, 24])

Länge der Sella

Strecke von Proc. clin. post zum Tuberculum sellae

Tiefe der Sella

Strecke von der tiefsten Stelle am Sellaboden zu „Länge der Sella“, wenn möglich senkrecht

Abstand zwischen Proc. clin. ant. und Proc. clin. post.

Strecke von Proc. clin. ant. zu Proc. clin. post

Durchmesser

Strecke von dem hintersten Punkt der Sella-Hinterwand zum Tuberculum sellae

Durchmesser 2

Strecke von dem hintersten Punkt der Sella-Hinterwand zum vordersten Punkt der Sella-Vorderwand

9.3. Dreidimensionale Analyse

Die DVT-Datensätze, die im DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)-Format vorlagen, wurden mittels des Software-Programms Mimics® Innovation Suite (Materialize, Belgium) dreidimensional dargestellt. In der Folge sind zwei Abbildungen (Abb.22 und 23) von einem Schädel eines Patienten in Frontal- und in Seitenansicht zu sehen.

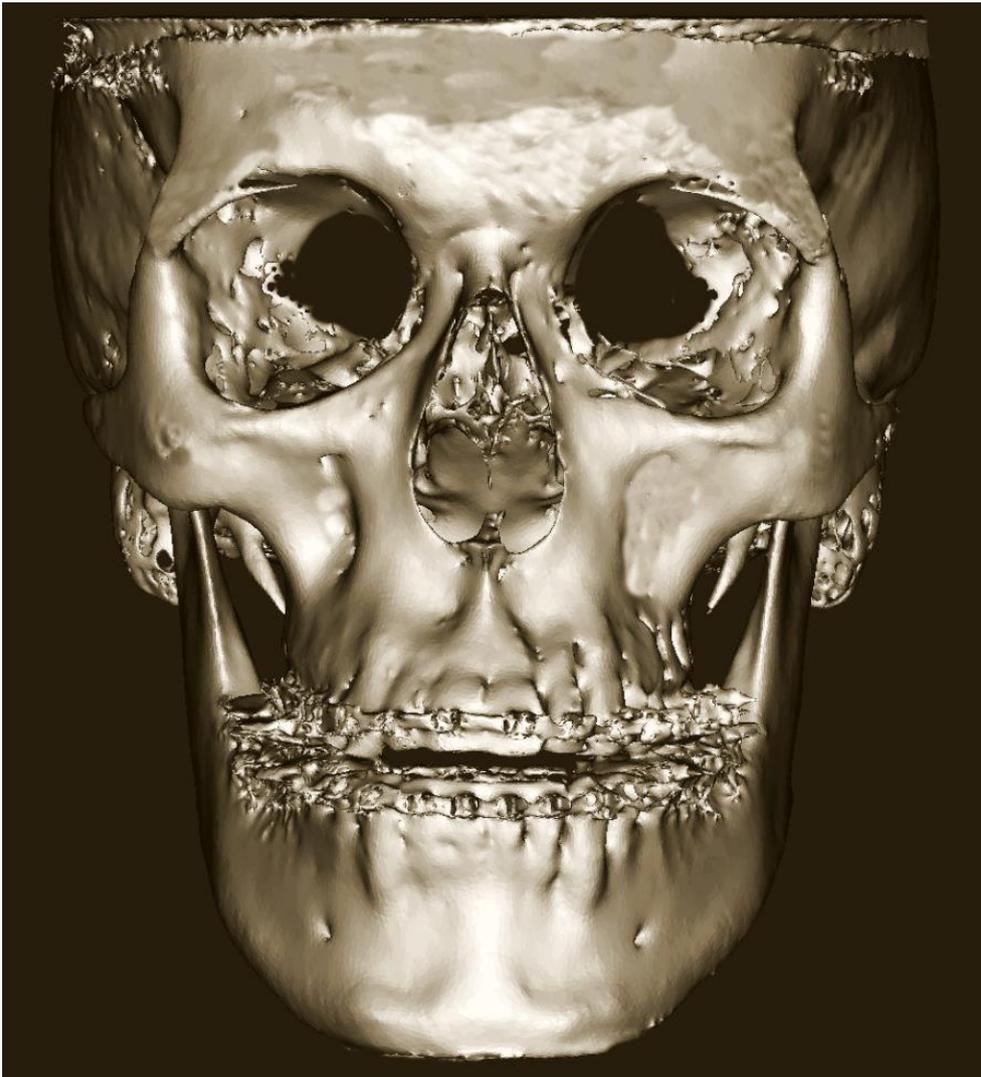


Abbildung 22: dreidimensional dargestellter Schädel in Frontalansicht; Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics® aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

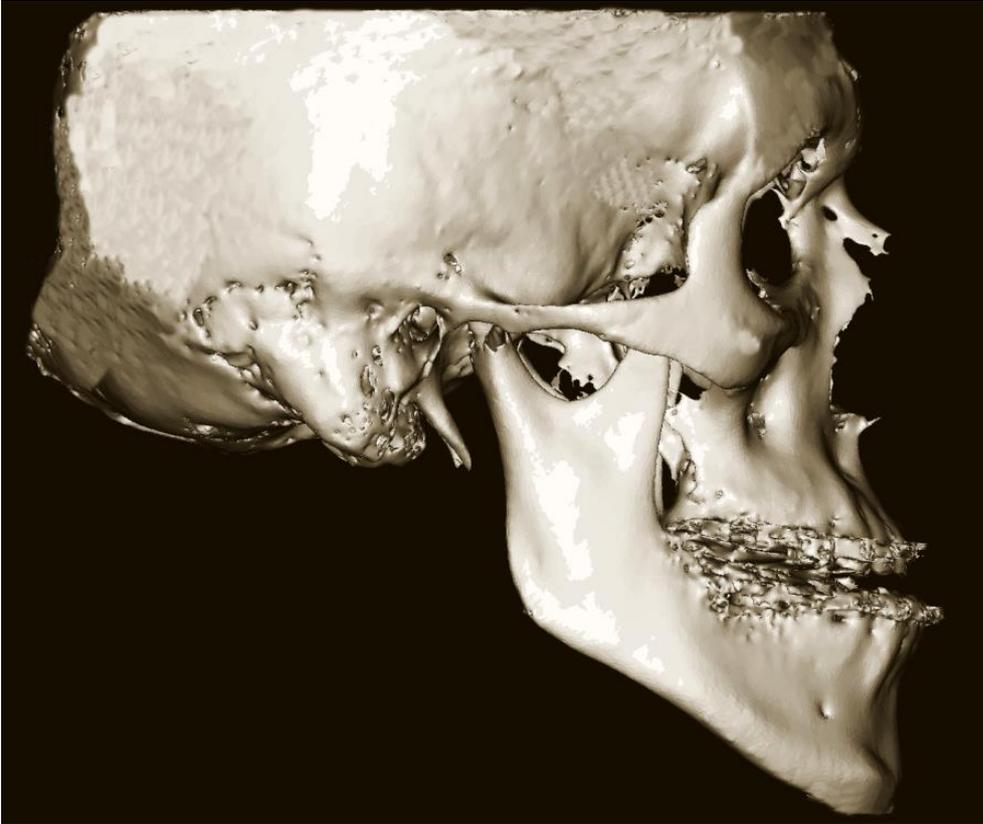


Abbildung 23: dreidimensional dargestellter Schädel in Lateralansicht, Screenshot der 3D-Darstellung in Mimics® aus dem untersuchten Patientengut mit der Software Adobe Photoshop CS5.1 überarbeitet.

Ebenen

Frankfurter Horizontale (FH)

höchster Punkt des knöchernen Porion re; höchster Punkt des knöchernen Porion li; tiefster, vorderster Punkt in der knöchern umrahmten Orbita li

Sagittale

Nasionpunkt mittig zwischen den Augen, an vorderster Stelle im Bereich der Sutura nasofrontalis; senkrecht auf der Frankfurter Horizontalen; senkrecht auf der Sagittalen

Vertikale

höchster Punkt des knöchernen Porion re; höchster Punkt des knöchernen Porion li; senkrecht auf der Frankfurter Horizontalen

Sella-Deckel

Spitze des Proc. clin. ant. re; Spitze des Proc. clin. ant. li; höchster Punkt des Dorsum sellae, an dem der Abstand zum Tuberculum sellae am größten ist

Strecken und Winkel

Durchmesser

Höchster Punkt in der Mitte des Dorsum sellae und mit dem weitesten Abstand zum Tuberculum – anteriorste Ausdehnung des Tuberculum sellae

Distanz Sellaboden re – li

Vom äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden re zum äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden li

Höhe der Sella

Von mittiger und tiefster Stelle im Sellaboden zum Sella-Deckel, senkrecht zum Deckel

Länge der Sella li

Spitze des Proc. clin. ant. li zur Spitze des Proc. clin. post. li

Länge der Sella re

Spitze des Proc. clin. ant. re zur Spitze des Proc. clin. post. re

Sella-Tiefe li

Vom äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden li zum Sella-Deckel, senkrecht zum Deckel

Sella-Tiefe re

Vom äußersten und tiefsten Punkt des Sellaboden re zum Sella-Deckel,
senkrecht zum Deckel

Abstand Proc. clin. ant. re – li

Spitze des Proc. clin. ant. re zur Spitze des Proc. clin. ant. li

Abstand Proc clin. post. re – li

Spitze des Proc. clin. post. re zur Spitze des Proc. clin. post. li

.

9.4. Tabellarischer Studienvergleich

Tabelle 11: vergleichende Darstellung der Ergebnisse von der vorliegenden Studie, Axelsson [10], Meyer-Marcotty [75], Jones [55] und Camp [17] (Strecken-Angaben in mm)

	Aktuelle Studie				Axelsson			Meyer-Marcotty			Jones		Camp	
Tiefe	Klasse I	Mittig	7,63	♀ 7,79 ♂ 7,46	18 J	Klasse I	♀ 7,1 ♂ 7,4	Klasse I	8,16	♀ 8,1 ♂ 8,3			8 (Spanne 4-15)	
		Rechts	7,17	♀ 7,30 ♂ 7,04	21 J		Klasse I		♀ 7,2 ♂ 7,3					
		Links	7,23	♀ 7,42 ♂ 7,03										
	Klasse III	Mittig	7,07	♀ 6,79 ♂ 7,31				Klasse III	8,39	♀ 8,3 ♂ 8,5	Orthodontisch	8,6		
		Rechts	6,73	♀ 6,40 ♂ 7,02							Operativ-orthodontisch	8,6		
		Links	6,76	♀ 6,55 ♂ 6,94										
Durchmesser	Klasse I		9,78	♀ 9,44 ♂ 10,12	18 J	Klasse I	♀ 11,4 ♂ 11,5	Klasse I	12,99	♀ 12,9 ♂ 11,4			-	
					21 J		Klasse I		♀ 11,7 ♂ 11,3					
	Klasse III		10,53	♀ 10,29 ♂ 10,73					Klasse III	13,05	♀ 12,9 ♂ 13,1	Orthodontisch	10,0	
											Operativ-orthodontisch	10,2		
Weite	Klasse I		11,68	♀ 11,60 ♂ 11,77	-			-			-		12,1 (Spanne 8-18)	
		Klasse III		11,54	♀ 11,62 ♂ 11,46									

	Aktuelle Studie	Axelsson	Meyer-Marcotty	Jones	Camp
Interclinoid Abstand	PCA+ Klasse I 5,56 ♀ 5,41 PCP li ♂ 5,71 Klasse III 6,20 ♀ 6,02 ♂ 6,35	-	-	orthodontisch 4,1 Operativ- 3,5 Orthodontisch (kürzester Abstand PCA+PCP)	PCA+ 6,6 (2- PCP li 15)
	PCA+ Klasse I 5,15 ♀ 5,01 PCP re ♂ 5,29 Klasse III 6,04 ♀ 5,58 ♂ 6,44				PCA+ 6,6 (3- PCP re 15)
	PCA Klasse I 23,25 ♀ 22,48 re+li ♂ 24,01 Klasse III 23,75 ♀ 23,18 ♂ 24,26				PCA 22,3 re+li (12-32)
	PCP Klasse I 17,37 ♀ 17,22 re+li ♂ 17,53 Klasse III 16,54 ♀ 16,40 ♂ 16,67				PCP 16,5 re+li (10-22)
Morpho- logie	<u>Klasse I</u> Bridging 3 (5,77%) ♀ 2 (7,69%) ♂ 1 (3,85%)	-	Klasse I Typ A 0,7% Typ B 8,7% insg 9,4%		Insgesamt 6-mal (5,5%) 5 mal links 2 mal rechts 1 mal links und rechts

	Aktuelle Studie	Axelsson	Meyer-Marcotty	Jones	Camp
Morphologie	CCF Typ I	6 (11,54%) ♀ 4 (15,38%) ♂ 2 (7,69%)			
	CCF Typ II	1 (1,92%) ♀ 1 (3,85%) ♂ 0 (0%)			
	Pseudo-bridging	3 (5,77%)			
	<u>Klasse III</u>		Klasse III	Orthodon	7,3 %
	Bridging	15 (17,05%) ♀ 7 (17,07%) ♂ 8 (17,02%)		Typ A 0,4%	-tisch
	CCF Typ I	21 (23,86%) ♀ 11 (26,83%) ♂ 10 (21,28%)		Typ B 16,4%	Typ A 63,6%
	CCF Typ II	10 (11,36%) ♀ 6 (14,63%) ♂ 4 (8,51%)		insg 16,8%	Typ B 36,4%
Pseudo-bridging	2 (2,27%)			Operativ-orthodon.	16,7%
				Typ A 40%	
				Typ B 60%	

10. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer, Direktorin der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Würzburg, für die freundliche Übernahme des Referates.

Meinen herzlichen Dank möchte ich Frau Dr. med. dent. Janka Kochel, Oberärztin in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Würzburg, aussprechen für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie die unermüdliche Betreuung, Unterstützung und die wertvollen Anregungen bei der Erstellung der Arbeit.

Beim Koreferenten Priv.-Doz. Dr. Dr. Urs Müller-Richter bedanke ich mich ganz herzlich für die Übernahme des Koreferates.

Ich möchte herzlich der kooperierenden mund-, kiefer-, gesichtschirurgisch tätigen Praxis, sowie Herrn Nesar Askarjar, Mitarbeiter der röntgenologischen Abteilung der Zahnklinik der Universität Würzburg, danken, die mir die Röntgenaufnahmen zur Verfügung gestellt haben.

Frau Roswitha Martin, Mitarbeiterin der Universitätsbibliothek der Universität Würzburg, danke ich für ihre stetige Hilfsbereitschaft bei der Literaturrecherche.

11. Lebenslauf

Name: Caroline Barth

Geburtsdatum: 22.06.1988

Geburtsort: Krefeld

Staatsangehörigkeit: deutsch

Eltern: Klaus-Dieter Barth
Barbara Barth

Geschwister: Christoph Barth

Schulbildung: 1994-1998 Grundschule an der Burg, Krefeld
1998-2007 Arndt-Gymnasium, Krefeld

Studium: April 2008 – Juni 2013
Studium der Zahnheilkunde an der Julius-
Maximilians-Universität Würzburg

Beruf: seit September 2013
Zahnärztin in einer Zahnarztpraxis in Gerbunn