

Die Ossifikation der Synchronosis Sphenobasilaris

MASTER - THESIS

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

im Universitätslehrgang Osteopathie

vorgelegt von

Elisabeth, Hödl-Majcenovic

11748497

Department für Gesundheitswissenschaften, Medizin und Forschung

an der Donau-Universität Krems

BetreuerIn 1: Katharina Wimmer, MSc BetreuerIn 2: Andreas Sammer, Dr. med.



16.05.2020

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich, Elisabeth, Hödl - Majcenovic, geboren am 13.05.1983 in Graz, erkläre,

1. dass ich meine Master Thesis selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe,
2. dass ich meine Master Thesis bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,
3. dass ich, falls die Master Thesis mein Unternehmen oder einen externen Kooperationspartner betrifft, meinen Arbeitgeber über Titel, Form und Inhalt der Master Thesis unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.



UNIVERSITÄT FÜR WEITERBILDUNG KREMS

Einschreiben

Frau
Elisabeth Hödl-Majcenovic
Heimweg 36 1.3
8053 Graz

Krems, 10. März 2020

SPERRVERMERK

Dem Antrag von Frau Elisabeth Hödl-Majcenovic, Matrikelnummer 11748497 auf Ausschluss der Benützung (Sperrre) der Master-Thesis gemäß § 3 Abs. 3 Zif.1 lit. j des II. Teiles der Satzung der Universität für Weiterbildung Krems (i.d.g.F.) wird stattgegeben.

Diese Master-Thesis mit dem Titel:

Die Ossifikation der Synchronchondros Sphenobasilaris

ist aufgrund der im Antrag vom 02.03.2020 genannten Gründe

bis 06. März 2025 gesperrt

und darf während dieser Zeit nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Autorin zugänglich gemacht werden.

BEGRÜNDUNG

Gesetzliche Grundlagen (§ 86 Abs. 4 UG 2002 i.d.g.F. i.V. mit II. Teil der Satzung § 3 Abs. 3 Zif.1 lit. j i.d.g.F.):

Anlässlich der Ablieferung einer schriftlichen Abschlussarbeit (Master-Thesis) ist der Verfasser berechtigt, den Ausschluss der Benützung der abgelieferten Exemplare für längstens fünf Jahre nach der Ablieferung zu beantragen. Dem Antrag ist von dem Studiendirektor stattzugeben, wenn die oder der Studierende glaubhaft macht, dass wichtige rechtliche oder wirtschaftliche Interessen der oder des Studierenden gefährdet sind.



Univ.-Prof. DDr. Thomas Ratka, LL.M.
Vizerektor für Lehre/Wissenschaftliche Weiterbildung
Studiendirektor

DANKSAGUNGEN / WIDMUNGEN

Bedanken möchte ich mich zu Beginn bei allen KollegInnen, Vortragenden und auch bei meiner Betreuerin Katharina Wimmer, die mich bei der Themenwahl bestärkt haben.

Folgend sollen all jene genannt werden, die mich beim Entstehen dieser Arbeit unterstützt haben.

Ein großes Danke geht an das Team des Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz, insbesondere an Dr. Georg Feigl für die Erlaubnis zur Durchführung, Dr. Manuel Dreu für jegliche Unterstützung, egal ob es um Kontaktaufnahme, Literaturrecherche, fachliche Meinung oder Materialbeschaffung ging, Dr.ⁱⁿ Barbara Weninger für die Datenbeschaffung von Geschlecht und Alter der Präparate sowie an alle AssistentInnen, die immer ein offenes Ohr hatten und mir/uns zur Seite standen, auch wenn es nur darum ging, ein Lineal zu besorgen.

Last but not least möchte ich mich bei Dr. Andreas Sammer für die gemeinsame Studiendurchführung bedanken, die trotz unserer 620 „Probanden“ kurzweilig war und großen Spaß gemacht hat. Außerdem ein großes Danke dafür, dass ich auch im Schreibprozess bei Fragen immer auf dich zählen konnte.

Besonderer Dank gilt auch Dr.ⁱⁿ Corinna Koschmieder für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung und bei Mag.^a Corina Schleicher sowie Dr. Thomas Augustin für die Beratung.

Vielen Dank auch an Mag.^a Andrea Huber und Mag.^a Caroline Krug, ohne euch wären der englische Abstract und der Artikel nicht das was sie sind.

Danke sagen (und empfehlen für folgende Arbeiten) möchte ich auch meiner „Zeichensetzerin“ Mag.^a Marlene Zeintlinger für das Lektorat und Korrektorat.

Bedanken möchte ich mich weiters bei allen SchülerInnen und StudentInnen, Jana, Emilie, Lydia, Konstantin und Maximilian, die mir geholfen haben, das Layout hinzubekommen.

Die größte Unterstützung waren aber meine Familie und alle FreundInnen, die die Betreuung meiner Tochter oft übernommen haben, um mir den Rücken freizuhalten.

Der größte Dank gilt meinem Mann Martin und meiner Tochter Emma.

Ihr seid, so wie ihr seid, perfekt auf eure Art und Weise, und das war für mich die größte Stütze und auch der größte Ansporn weiterzukommen und den Masterlehrgang, wie auch die Masterthesis abzuschließen.

Daher möchte ich euch beiden sowie unserer noch ungeborenen Tochter diese Arbeit widmen, die so viele Stunden meiner Zeit in Anspruch genommen hat.

ABSTRACT

Hintergrund: Die Synchrondrosie Sphenobasilaris (SSB), in der Anatomie Synchrondrosie Sphenoccipitalis (SSO) genannt, liegt an der Schädelbasis und ist die Stelle, an der Os sphenoidale und Os occipitale aneinander liegen. Sie ist Wachstums- und Ossifikationszentrum am Kopf. In der Osteopathie hat sie aufgrund ihrer Lage und anatomischen Beziehung zu wichtigen Strukturen einen sehr großen Stellenwert. Die Behandlungsmodelle nehmen in dem Bereich bei Kindern und Erwachsenen Mobilität an.

Zielsetzung: Feststellung des knöchernen Zustandes der SSB bei kindlichen und erwachsenen Schädelpräparaten.

Methode: Retrospektive, explorative, makroskopische Grundlagenstudie an 620 knöchernen Schädelpräparaten am Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz. Die Bewertung erfolgte mittels Fünf-Stufen-System von Basset et al. (2010) und Abstandsmessung mittels digitaler Schublehre. Zusätzlich wurde die Position der Occiputcondylen beurteilt.

Ergebnis: 446 Körperspenden konnten für die statistische Bewertung herangezogen werden. 211 stammten von Kindern und 235 von Erwachsenen. In 50,9% wurde die SSB als ossifiziert beurteilt, in 47,9% als unverschlossen. Die Gegenüberstellung der Verteilung zeigt: je älter desto geschlossener, je jünger desto offener ist die SSB. Die Korrelation ist am 0,01 - Niveau signifikant. Die Position der Occiputcondylen ist in 68,4% symmetrisch.

Schlussfolgerung: Die SSB ist bei Erwachsenen vollständig ossifiziert, bei Kindern offen. Der Einfluss der SSB auf Körperfunktionen, wie in der Literatur beschrieben, ist denkbar. Im Falle der Erwachsenen müssen für den Einfluss auf den Körper im Bereich der SSB neue Erklärungsmodelle gefunden werden. Die Methode der Untersuchung der Occiputcondylen und somit auch die Ergebnisse müssen hinterfragt werden.

Schlüsselwörter: Synchrondrosie sphenobasilaris, Synchrondrosie sphenoccipitalis, Ossifikation, Mobilität, Schädelbasis

ABSTRACT

Background: The spheno-basilar synchondrosis (SBS), in anatomy also referred to as spheno-occipital synchondrosis (SOS), is located on the skull base where the sphenoid bone and the occipital bone connect. This is an important growth and ossification area in human skulls. It plays a major role because of its central position and its connection to many other important anatomical structures. Treatment models assume mobility in SBS in children as well as in adults.

Purpose: To determine the level of ossification of SBS in children and adult dry skulls.

Method: Retrospective, explorative and macroscopic research on 620 dry skulls post mortem in cooperation with the Gottfried Schatz Research Center for macroscopic und clinical anatomy of the medical university in Graz. To evaluate the findings the author used the five-stage system of Bassed et al. The distance between sphenoid and occipital bone was measured by a digital caliper. Furthermore, the position of the occipital condyles was assessed.

Results: 446 skulls could be used for the statistical calculation. Of these, 211 skulls were children's and 235 were adults. In 50,9% of skulls the SBS was evaluated as completely ossified, in 47,9% as completely open. A comparison of the distribution shows that the older the human, the more advanced the ossification, and the younger the skulls, the more open the SBS is. The correlation is significant at level 0,01. The position of the occipital condyles is symmetric in 68,4% of cases.

Conclusion: SBS is completely ossified in adult skulls, in children, however, this is not the case. As described in literature, SBS' influence on normal bodily functions is possible. The method of how the occipital condyles as well as the how the results were assessed must be scrutinized.

Key words: spheno-basilar synchondrosis, spheno-occipital synchondrosis, ossification, mobility, skull base

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	3
2	Theoretische Grundlagen	5
2.1	Os sphenoidale	5
2.2	Os occipitale.....	7
2.3	Schädelbasis.....	10
2.4	Knochenverbindungen	10
2.5	Die Synchronosis Sphenobasilaris	11
2.6	Embryologische Entwicklung der Synchronosis Sphenobasilaris.....	13
2.7	Die Rolle der SSB in der Osteopathie.....	14
2.8	SSB Dysfunktionen	15
2.9	Herstellung von Skelettpräparaten: Mazerationen	16
3	Forschungsfragen und Hypothesen.....	19
4	Methodik	20
4.1	Forschungsdesign.....	20
4.2	Stichprobenbeschreibung.....	20
4.3	Primäre Zielparameter.....	20
4.4	Nebenparameter	21
4.5	Materialien	21
4.6	Studienablauf	22
4.7	Art der Literaturrecherche.....	22
4.8	Datenaufbereitung.....	23
5	Ergebnisse	25
5.1	Deskriptive Statistiken von Alter, Geschlecht, Fortschritt der Verknöcherung, Abstand der Knochenkanten und Position der Occiputcondylen	25
5.2	Deskriptive Statistik Kinder.....	35
5.3	Deskriptive Statistik Erwachsene.....	40
5.4	Inferenzstatistische Auswertung.....	45

6	Diskussion.....	49
6.1	Diskussion der Methodik	49
6.2	Diskussion der Ergebnisse	50
6.3	Diskussion Relevanz für die Osteopathie	56
7	Conclusio	59
7.1	Zusammenfassung.....	59
7.2	Schlussfolgerung.....	60
7.3	Ausblick.....	60
	LITERATURVERZEICHNIS.....	62
	TABELLENVERZEICHNIS.....	68
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	69
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	70
	ANHANG A	71
	ANHANG B Englische Kurzfassung.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.

1 Einleitung

Die Synchondrosis Sphenobasilaris (SSB), in der Anatomie als Synchondrosis Sphenooccipitalis (SSO) (Platzer, 2003, S. 284) benannt, spielt in der kranio-sakralen Osteopathie eine zentrale Rolle. Das ursprünglich von Sutherland beschriebene Gedankenmodell wird nach wie vor als Grundlage für die kraniale Befundung und Behandlung in der Osteopathie unterrichtet und angewandt (Cloet & Groß, 1999, S. 71 & 125 f; Rogers & Witt, 1997, S. 95). Alle beschriebenen Läsionen sind mehr oder weniger von der SSB abhängig. „Die SSB und die intrakranialen Membranen sind der Schlüssel zum Verständnis der gesamten kranialen Organisation.“ (Liem, 1998, S. 449). Mit der Zeit wurden die von Sutherland ursprünglich als Gedankenmodell beschriebenen Läsionen zu einer Tatsache (Mitterlehner, 2010, S. 4).

In der Anatomie wird die SSB im Erwachsenenalter als verknöchert beschrieben. Die Altersangaben, wann die SSB verknöchert, unterscheiden sich in der Literatur. Man findet Angaben zur Verknöcherung ab dem 13. Lebensjahr (LJ) (Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996, S. 118) sowie ab dem 17. LJ bei beiden Geschlechtern (Can, 2014, S. 1212) und ab dem 25. LJ (Von Piekartz, 2015, S. 339). In gängigen Anatomiebüchern wird sie im Alter von 18 bis 20 Jahren als verknöchert beschrieben (Platzer, 2003, S. 284). Allerdings findet man auch Hinweise auf anatomische Varianten. Hier wird die SSB auch bei erwachsenen Personen als nicht vollständig ossifiziert beschrieben, sowohl in älterer (Henle, 1871, S. 109; Benninghoff, 1999, S. 485) wie auch in jüngerer Literatur (Adem, 1999, S. 863). Die Meinungen gehen sogar so weit auseinander, dass beschrieben wird, Bewegungen in der SSB seien bis ins hohe Alter möglich (Von Piekartz, 2015, S. 339).

In der Literatur sind Hinweise darauf zu finden, dass auch andere knöcherne Verbindungen am Schädel erst sehr spät verknöchern und auch bei Erwachsenen kollagenes Bindegewebe nachweisbar ist. Die Sutura occipitomastoidea beispielsweise verknöchert laut dieser Angabe nicht vor dem 70. LJ (Ridder, 2014, S. 24).

Neugierig auf dieses Thema wurde ich in einer Vorlesung über die SSB, in der die Vortragende schilderte, bei knöchernen Schädeln von Erwachsenen einen mit Bindegewebe gefüllten Spalt beobachtet zu haben, teilweise sogar mehrere Millimeter (mm) breit. Ist das bei mehreren Erwachsenen der Fall, besteht die Möglichkeit, dass man mit kranialen Techniken mehr Einfluss hätte als angenommen. Mit diesem Wissen ist es denkbar, dass der menschliche Schädel aus bis zu einem gewissen Grad „elastischen“ Knochen besteht, die zwar miteinander verknöchern, aber in deren Zwischenräumen (Suturen und Synchondrosen) Bindegewebe,

Blut- und Nervengefäße (Platzer, 2003, S. 22; Von Piekartz, 2015, S. 56; Cloet & Groß, 1999, S. 10) vorhanden waren oder sind und sich in deren „Zentrum“ eine „elastische“ Verbindung, nämlich die SSB, befindet. Dies wäre ein Hinweis darauf, dass kraniale, mechanische Behandlungen durchaus mehr Einfluss haben als bisher angenommen und eventuell SSB-Läsionen auch im Erwachsenenalter beeinflusst werden können.

Relevant für die Osteopathie ist eine genaue Kenntnis über den Zustand der SSB, da in der osteopathischen Literatur auch im Erwachsenenalter nach wie vor Mobilität in der SSB angenommen wird (Cloet & Groß, 1999, S. 71; Starkey, 2015, S. 103; Liem, 2018 C, S. 8). Demgegenüber finden sich vorwiegend radiologische Untersuchungen (Bassed, Briggs, & Drummer, 2010; Dillon, 2018; Can, 2014; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996; Madeline & Elster, 1995; Powell & Brodie, 1963; Franklin & Flavel, 2014; Fernandez- Perez, 2016) mit dem Hintergrund, Altersbestimmungen festzustellen, in welchen eine vollständige Ossifikation mit spätestens dem 17. LJ festgestellt wurde (Liem, 2018 C, S. 9). Ingervall und Thilander (1973) untersuchten die SSB an knöchernen, trockenen Schädelpräparaten mit demselben Beweggrund und dem Ergebnis, dass der Schluss bei Frauen ab dem 16. LJ und bei Männern ab dem 18. LJ komplett ist. Diese Ergebnisse machen die kraniale Osteopathie und Sutherlands Modell leicht angreifbar.

Eine Untersuchung mit osteopathischem Hintergrund konnte nur in Form der Reviews von Liem und Schalkhauser (Liem, 2018 C; Schalkhauser, 2000) gefunden werden, welche sich auf die oben genannten Quellen beziehen.

Weiters wurden die oben genannten Studien an Lebenden mittels CT- oder MR- Bildern durchgeführt. Obwohl die Technik schon sehr ausgereift ist und kontinuierlich an der Genauigkeit gearbeitet wird, kann es bei diesen bildgebenden Verfahren auch zu Verzerrungen kommen (Vlaardingerbroek & den Boer, 2004, S. 121; Voges & L., 2017; Meiler & al., 2002). Nach Eser-Bindl (2003, S. 20) wäre eine Mobilität der SSB im Sinne intraossärer Elastizität/Flexibilität möglich. Um diese mögliche Erklärung in einem osteopathischen Kontext zu untermauern, ist die Beurteilung der SSB an knöchernen Schädelpräparaten durchaus relevant.

Ist die Ossifikation auch bei erwachsenen Individuen nicht vollständig, würde das eine Grundlage für die fehlenden Erklärungen zu den gültigen Modellen in der kranialen Osteopathie sein.

In dieser Arbeit wird daher die SSB an knöchernen, trockenen Schädelpräparaten untersucht, um herauszufinden, ob es auch bei Schädelpräparaten von Erwachsenen Hinweise auf eine unvollständige Verknöcherung gibt.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Os sphenoidale

Das Os sphenoidale ist ein unpaariger Knochen der Schädelbasis, verkeilt zwischen den beiden Ossa temporalia, dem Os frontale und dem Os occipitale (Von Piekartz, 2015, S. 339). Es bildet gemeinsam mit dem Os ethmoidale, dem Os frontale, den Ossa temporalia, dem Os occipitale sowie den Ossa parietalia die Schädelbasis (Platzer, 2003, S. 296).

Man unterscheidet folgende Anteile (siehe Abbildungen 1 und 2): Korpus, „würfelförmiger“ Mittelteil (ausgehöhlter Knochen für die paarigen Sinus sphenoidalis), Ala major rechts und links, Ala minor rechts und links, Processus Pterygoideus rechts und links (Platzer, 2003, S. 296).



Abbildung 1: Os sphenoidale von anterior



Abbildung 2: Os sphenoidale von posterior

Begrenzt wird das Sphenoid vom Os ethmoidale und Os frontale anterior, posterior vom Os occipitale, lateral von den beiden Ossa temporalia rechts und links sowie den Ossa zygomatica anterior-lateral (Cloet & Groß, 1999, S. 27; Sobotta & Becher, 1972, S. 39 & 45), der Ossa palatina anterior-inferior (Platzer, 2003, S. 295), den Ossa parietale (Platzer, 2003, S. 297) superior und dem Vomer (Platzer, 2003, S. 295) inferior.

Das Os sphenoidale befindet sich in der Mitte des Schädels (siehe Abbildung 3) und ist sowohl mit Teilen des Neurocraniums als auch Teilen des Viscerocraniums verbunden (Platzer, 2003, S. 283, 288; Feneis & Dauber, 1998, S. 10).



Abbildung 3: Schädel von inferior (Os sphenoidale rot, Os occipitale dunkelblau)

Zur Ossifikation dieses Schädelknochens ist zu sagen, dass die Fusion der einzelnen Bestandteile bereits vor der Geburt intrauterin beginnt und bis zum 6. Lebensmonat (LM) dauert. Spätestens bis zum 14. LJ ist diese abgeschlossen. Der Wachstumsabschluss findet zwischen dem 5. und 19. LJ statt (Madeline & Elster, 1995, S. 747).

Das Os sphenoidale ist mit den folgenden Systemen verbunden:

- Muskuläres System:

M. temporalis (Platzer, 2003, S. 324), M. pterygoideus lateralis, M. pterygoideus medialis (Netter, 2011, S. 55), M. rectus bulbi superior, inferior, medialis und lateralis, M. obliquus superior oculi, M. levator palpebrae superioris (Feneis & Dauber, 1998, S. 364), M. tensor veli palatini, M. palatopharyngeus (Feneis & Dauber, 1998, S. 116), M. constrictor pharyngis superior (Feneis & Dauber, 1998, S. 118)

- Ligamentäres System:

Lig. sphenomandibulare, Lig. pterygospinale, (Feneis & Dauber, 1998, S. 60), Lig. mallei anterius (Feneis & Dauber, 1998, S. 382).

In osteopathischen Fachbüchern werden noch folgende Strukturen im Zusammenhang mit dem Os sphenoidale erwähnt: Lig. sphenopetrosum, Raphe pterygomandibularis, Lig. Hyrtl (Liem, 2018 A, S. 111)

- Fasciale Verbindungen:

Aponeurosis palatina (Feneis & Dauber, 1998, S. 116), Fascia orbitalis (Feneis & Dauber, 1998, S. 364), Viszerale Loge und Pharynx (Netter, 2011, S. 34)

In osteopathischer Fachliteratur werden noch folgende Strukturen im Zusammenhang mit dem Os sphenoidale erwähnt: Interpterygoidale Apponeurose, Aponeurosis pterygotemporomandibularis (Liem, 2018 A, S. 111)

- Intrakraniale Membranen:

Tentorium cerebelli (Netter, 2011, S. 102), Diaphragma sellae (Feneis & Dauber, 1998, S. 268), Anteriorer Duragürtel (Netter, 2011, S. 38)

- Beziehungen zu nervalen Strukturen, Hirnnerven und Zerebrum:

Hypothalamus (Netter, 2011, S. 36), N. opticus (II), N. oculomotorius (III), N. trochlearis (IV), N. abducens (VI), N. optalmicus (V1), N. maxillaris (V2), N. mandibularis, Plexus caroticus internus, N. petrosus minor (IX) (Netter, 2011, S. 13), N. canalis pterygoidei (Netter, 2011, S. 14), Ganglion pterygopalatinum (Netter, 2011, S. 120)

- Verbindungen zum endokrinen System:

Hypophyse (Netter, 2011, S. 36)

- Verbindungen zum Gefäßsystem:

A. carotis interna, A. meningea media (Netter, 2011, S. 13)

In osteopathischen Fachbüchern wird darauf hingewiesen, dass das Os sphenoidale auf der mechanischen Ebene für viele muskuläre, ligamentäre und fasziale Strukturen einen Ursprungs- oder Ansatzpunkt bzw. ein Fulkrum bildet (Liem, 2018 B, S. 14).

2.2 Os occipitale

Gemeinsam mit dem Os sphenoidale und den Ossa temporalia bildet das Os occipitale den hinteren Teil der Schädelbasis (Platzer, 2003, S. 296).

Dieser Knochen wird in folgende Anteile unterteilt (siehe Abbildung 4 und 5): Pars basilaris (vor dem Foramen magnum), Squama occipitalis (hinter dem Foramen magnum) und einen

condylus occipitalis sinister bzw. dexter (seitlich vom Foramen magnum) (Feneis & Dauber, 1998, S. 8).

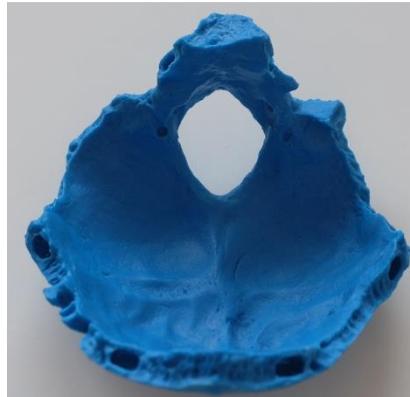


Abbildung 4: Os occipitale von innen/superior

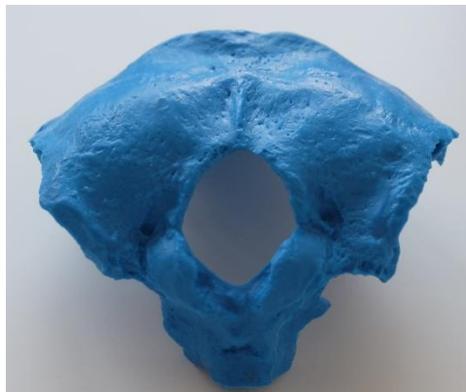


Abbildung 5: Os occipitale von außen/inferior

Anterior wird das Os occipitale von Os sphenoidale begrenzt, superior-anterior von den Ossa parietale (Cloet & Groß, 1999, S. 24), lateral vom Os temporale (Netter, 2011, S. 11) und inferior vom Atlas (Feneis & Dauber, 1998, S. 8; Kapandji, 1999, S. 172). Das Os occipitale stellt somit die Verbindung des Schädels mit der Wirbelsäule dar (Feneis & Dauber, 1998, S. 8).

Bei der Geburt besteht das Os occipitale aus vier Teilen, die über Knorpel miteinander verbunden sind. Zwischen dem 2. und 4. LJ verknöchern die Partes laterales und die Squama (Synchondrosis intraoccipitalis posterior) miteinander. Partes laterales und Pars basilaris auf dem Niveau der Condylen verknöchern zwischen dem 5. und 8. LJ (Synchondrosis intraoccipitalis anterior) miteinander (Madeline & Elster, 1995, S. 748f).

Das Os occipitale ist mit folgenden anderen Systemen verbunden:

- Muskuläres System

M. semispinalis capitis (Platzer, 2003, S. 75) , M. longus capitis, M. rectus capitis anterior (Platzer, 2003, S. 80) und lateralis (Platzer, 2003, S. 78), MM. recti capitis posteriores minor und major, M. obliquus capitis superior (Platzer, 2003, S. 76), M. trapezius, M. sternocleidomastoideus (Platzer, 2003, S. 146), M. constrictor pharyngis superior (Feneis & Dauber, 1998, S. 118), M. occipitofrontalis (Platzer, 2003, S. 318)

- Ligamentäres System

Membrana atlantooccipitalis anterior, Lig. longitudinale anterius, Lig. longitudinale posterius, Membrana atlantooccipitalis posterior, Lig. nuchae (Feneis & Dauber, 1998, S. 56), Lig. apicis dentis, Lig. alaria, Membrana tectoria (Feneis & Dauber, 1998, S. 58)

- Fasciales System

Lamina praevertebralis fasciae cervicalis (Feneis & Dauber, 1998, S. 82)

In osteopathischer Fachliteratur werden noch folgende fasciale Strukturen im Zusammenhang mit dem Os occipitale erwähnt: Lamina superficialis fasciae cervicalis, Pharynx (Liem, 2018 A, S. 103)

- Intra- und extrakraniales Membransystem

Falx cerebri, Tentorium cerebelli, Falx cerebelli (Netter, 2011, S. 102), Dura mater spinalis (Platzer, 2003, S. 286)

- Beziehungen zu nervalen Strukturen, Hirnnerven und Zerebrum:

N. glossopharyngeus (IX) (Netter, 2011, S. 124), N. vagus (X) (Netter, 2011, S. 125), N.accessorius (XI) (Netter, 2011, S. 126), N. hypoglossus (XII) (Netter, 2011, S. 127)

Zu folgenden neuronalen Strukturen wird in osteopathischer Literatur aufgrund der anatomischen Lage eine Beziehung hergestellt: Hinterhauptslappen und Kleinhirn, Medulla oblongata, Decussatio pyramidum, Vierter Ventrikel, Hirnnerven und Nuklei der Hirnnerven: III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI, XII (Liem, 2018 A, S. 103)

- Verbindungen zum Gefäßsystem:

A. vertebralis, A. meningea posterior, Sinus rectus, Sinus transversus, Sinus sagittalis superior und inferior, Sinus sigmoideus, V.jugularis interna (Netter, 2011, S. 12), Aa. spinales anteriores und posteriores (Netter, 2011, S. 137), A. basilaris (Netter, 2011, S. 135), Confluens sinuum (Netter, 2011, S. 97), Sinus occipitalis (Netter, 2011, S. 102)

2.3 Schädelbasis

In der Anatomie wird die Schädelbasis in einen vorderen viszeralen und einen hinteren neuronalen Anteil unterteilt (siehe Abbildung 6).

Zum vorderen Anteil zählen die Ossa maxillae (türkis), Ossa palatina (hellblau), Ossa zygomaticae (orange) und das Vomer (orange Mitte). Der hintere Anteil wird vom Os sphenoidale (rot), dem Os occipitale (dunkelblau) und von den Ossa temporalia (braun) gebildet (Platzer, 2003, S. 294) (Köpf-Maier, 2000, S. 8ff).



Abbildung 6: Schädelbasis von inferior

2.4 Knochenverbindungen

Die Unterteilungen aller möglichen Knochenverbindungen werden hier angeführt. Detaillierter beschrieben werden Synchondrosen, Synostosen und Suturen, da diese in der vorliegenden Arbeit von Bedeutung sind.

Kontinuierliche Knochenverbindungen (Synarthrosen) verbinden zwei Knochen durch verschiedene Gewebe direkt miteinander (Platzer, 2003, S. 22).

Bei einer Syndesmose kommt es durch straffes, parallelfaseriges Bindegewebe mit kollagenen oder elastischen Fasern zur Verbindung von zwei Knochen. Diese kann flächenhaft oder schmal sein. Beispiele dafür sind die Membrana interossea sowie die Ligg. flava im Bereich der Wirbelsäule (Feneis & Dauber, 1998, S. 404; Platzer, 2003, S. 23).

Die Suturen, Schädelnähte oder Knochennähte (Feneis & Dauber, 1998, S. 404) sind eine Sonderform der Syndesmosen. Das in ihnen vorhandene Bindegewebe verschwindet, wenn

das Wachstum endgültig abgeschlossen ist, dann verstreichen auch die Nähte. Suturen werden anhand ihrer Form beschrieben und daher folgendermaßen unterteilt:

- Sutura serrata (zwischen den Ossa parietalia)
- Sutura squamosa (zwischen Os temporale und Os parietale)
- Sutura plana (zwischen den Ossa nasales)
- Gymphosis (Befestigung der Zähne) (Platzer, 2003, S. 23)

Eine Synchronrose ist die Verbindung von zwei Knochen durch hyalinen Knorpel. Dieser befindet sich während der Entwicklung in den Epiphysenfugen. An jenen Stellen, an denen sie eine Wachstumsfunktion erfüllen, verstreichen sie, da die mit Knorpelgewebe gefüllten Epiphysenfugen dann durch Knochenmaterial verschlossen werden (Platzer, 2003, S. 23). Hyalines Knorpelmaterial befindet sich beispielsweise auch zwischen Rippen und Sternum.

Am Schädel befinden sich folgende Synchronrosen:

- Synchronrosis sphenobasilaris/sphenooccipitalis (SSB/SSO)
- Synchronrosis sphenoethmoidalis (SSE)
- Synchronrosis sphenofrontalis (SSF) (Platzer, 2003, S. 23)

Eine Synostose ist die „festeste“ aller Knochenverbindungen. Sie verbindet Knochenteile, Epiphysen und Diaphysen nach dem Wachstumsabschluss (Platzer, 2003, S. 23).

Bei einer Symphyse handelt es sich um eine diskontinuierliche Knochenverbindung (Diarthrose) (Platzer, 2003, S. 23 & 24) bzw. eine Knochenverbindung durch Faserknorpel (Feneis & Dauber, 1998, S. 404).

2.5 Die Synchronrosis Sphenobasilaris

Die SSB ist die Verbindung zwischen corpus ossis sphenoidalis des Os sphenoidale und dem pars basilaris des Os occipitale (Platzer, 2003, S. 294). Bei Neugeborenen und bei Kindern sind sie als Synchronrose miteinander verbunden (siehe Abbildung 7). Diese gelenkige Verbindung beginnt ungefähr ab dem 6. LJ zu verknöchern (siehe Abbildung 8). Sie ossifiziert, wie bereits in der Einleitung beschrieben, zwischen dem 13. und 17. LJ (Madeline & Elster, 1995, S. 749; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996, S. 117) bzw. dem 13. und 18. LJ (Di Ieva, et al., 2014, S. 994; Scheuer, 2002) bzw. 25. LJ (Von Piekartz, 2015, S. 339). Benannt wird der Bereich dann als Synostose sphenobasilaris (Starkey, 2015, S. 103), ersichtlich in Abbildung 9.



Abbildung 7: Schädelbasis eines einjährigen Mädchens



Abbildung 8: Schädelbasis eines sechsjährigen Kindes

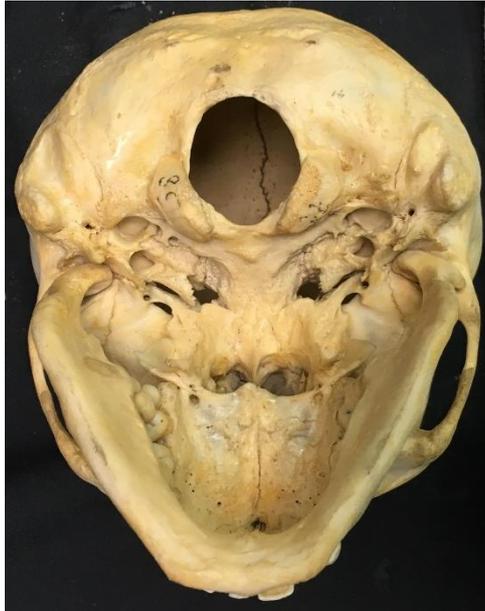


Abbildung 9: Schädelbasis einer 25-jährigen Frau

2.6 Embryologische Entwicklung der Synchronosis Sphenobasilaris

Innerhalb des menschlichen Organismus nimmt der Kopf eine Sonderstellung ein. Die Bildungsgesetze weichen von denen des restlichen Körpers ab. Das Stützgewebe des Kopfes (Knochen, Knorpel, Bindegewebe) stammt aus der Neuralleiste, dies ist neurogenes Gewebe (Di Ieva, et al., 2014, S. 992; Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 112; Mc Bratney-Owen, Iseki, Bamforth, Olsen, & Morris-Kay, 2008). Beim restlichen Organismus werden diese Gewebeformen aus dem Mesenchym, welches aus dem Mesoderm hervorgeht, gebildet. Aus der Neuralleiste gehen die Spinalganglien wie auch das periphere Nervensystem hervor, im Kopfbereich werden jedoch, wie bereits erwähnt, auch andere Gewebe (Bindegewebe, Knorpelzellen, Osteoblasten, Odontoblasten etc.) von ihr gebildet. Die Gestalt des Schädels wird von der Neuralleiste bestimmt. Die Muskulatur des Kopfes hingegen entstammt zwar wie im restlichen Organismus aus dem prächondralen Mesoderm und Mesenchym, in Struktur und Verhalten unterscheidet sich aber auch diese vom restlichen Körper (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 112).

Ein Speziesmerkmal des menschlichen Körpers ist, dass die Schädelbasis im Bereich der Sella turcica abgeknickt ist. Der Gesichtsschädel kommt unter dem Neurocranium zu liegen (Clivuswinkel = 145°). Dies hängt mit dem in der Evolution erreichten aufrechten Gang zusammen. Die Grundform des Kopfes, die charakteristische Abknickung der Schädelbasis wird schon embryonal ausgebildet, bevor es sich funktionell auswirkt (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 112; Drews, 1993, S. 350; Di Ieva, et al., 2014, S. 995).

Man unterscheidet drei Abschnitte am Kopf, die embryonal gesehen anderen Bildungsgesetzen folgen

1. Neurokranium (Desmo-, Neurokranium, Neuralschädel)
2. Viscerokranium
3. Branchialskelett (mit Kiemenapparat vergleichbar) (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 112)

Die Schädelbasis ist die Verbindung zwischen Neuro- und Viscerokranium (Di Ieva, et al., 2014, S. 995) und wird, wie bereits erwähnt, primär knorpelig angelegt (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 111; Drews, 1993, S. 350; Sinowatz, Seitz, Bergmann, Petzholdt, & Fanghänel, 1999, S. 304). Im Gegensatz zur Schädelbasis entstehen die Schädeldachknochen aus der mesenchymalen Umhüllung, sie gehen keine festen Verbindungen ein, sondern wachsen nach der Geburt weiter, um der Entwicklung des Gehirns genügend Raum zu geben (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 111). Die Entwicklung der Schädelbasis ist von großer Bedeutung für den gesamten Schädel und auch für das Gehirn (Lomholt, Fischer-Hansen, Keeling, Reintoft, & Kjaer, 2004; Di Ieva, et al., 2014, S. 994). Grundsätzlich wächst bei Säugetieren der Gesichtsschädel progredient nach ventral. Die Kieferknochen bei Menschen wachsen jedoch nach hinten, das Viscerokranium vergrößert sich in craniocaudale Richtung. Somit ist die Gesichtsebene in der Frontalebene ausgerichtet und Augen, Nase und Mund untereinander angeordnet und nicht, wie bei anderen Säugern, hintereinander (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 112).

Ein weiterer Unterschied in der Entwicklung des Kopfes im Gegensatz zum restlichen Körper ist, dass im Kopfbereich die Organe (Gehirn, Sinnesorgane, Kauapparat) die Form des Schädels in der Kopfhöhle bestimmen. In Bezug auf die Zellanzahl ist die Gehirnentwicklung mit der Geburt nahezu abgeschlossen, postnatal sind nur noch die Volumenzunahme und Differenzierung der Zellen möglich. Dafür muss, wie bereits erwähnt, der zur Verfügung stehende Hohlraum erweiterungsfähig bleiben.

Der Schluss der Suturen beginnt mit dem 7. LJ, ist aber auch im höheren Lebensalter nie vollständig abgeschlossen (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 113).

Die knorpelig vorgebildeten Knochen der Schädelbasis bleiben an der SSB lange entwicklungsfähig (Rohen & Lütjen-Drecoll, 2004, 2. Auflage, S. 114).

2.7 Die Rolle der SSB in der Osteopathie

Aufgrund ihrer Lage nimmt die SSB eine zentrale Rolle am knöchernen Schädelskelett ein. Sie ist eine zentrale Stelle in der Medianlinie des Schädels, an der sich periphere Knochen am Schädel anpassen sollen. In der klassischen Lehre der Osteopathie wird eine Beweglichkeit

im Bereich der SSB angenommen (Cloet & Groß, 1999, S. 71; Corts, 2016, S. 126; Langer & Hebgen, 2017; Starkey, 2015, S. 102). Im Kindesalter scheint das aufgrund der nicht verknöcherten SSB möglich zu sein, im Erwachsenenalter ist diese Annahme fraglich (Liem, 2018 B, S. 14).

Obwohl auch Sutherland die Störungen des Kraniaums in der Klinik in zwei Gruppen geteilt hat (Störungen vor der vollständigen Bildung kranialer Suturen bei Kindern und nach der vollständigen Ausbildung dieser bei Erwachsenen), wird der SSB in der Behandlung nach wie vor eine bedeutende Rolle zugeschrieben. Diese soll daher sowohl in der Diagnostik als auch bei der Behandlung besonders beachtet werden (Liem, 2018 B, S. 14 & 48; Cloet & Groß, 1999, S. 125; Corts, 2016, S. 126). Es geht so weit, dass Dysfunktionen der SSB mit Dysfunktionen des Sakrums in Verbindung gebracht werden (Cloet & Groß, 1999, S. 80).

„Das Gehirn ist der Dynamo!“ (Still, 1897, S. 69). Damit ist der primäre respiratorische Mechanismus (PRM) gemeint, ein physiologischer „Komplex“, die Respiration/Atmung auf Zellebene. Hier ist anzumerken, dass es sich bei der Darstellung und Beschreibung des PRM um Interpretationen der jeweiligen Autoren handelt. Aufgrund dieses Phänomens wird der SSB und den Schädelknochen in der Literatur eine zyklische Bewegung zugesprochen (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012, S. 441; Pfitzer, 2019, S. 14 & 20).

In der Literatur wird der Einfluss von Dysfunktionen der SSB zu verschiedenen Körperfunktionen hergestellt. Diese sind die Nahrungsaufnahme bzw. die Funktion der orofacialen Muskulatur (Carreiro J. E., 2011 ; Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012 ; Magoun H., 1994; Chancholle, 1980), der Bisslage (Müller, 1959) sowie das kranio-mandibuläre System (Ridder, 2014, S. 26), das optische System (Carreiro J. E., 2011, S. 173ff; Packard, 1940; Ruddy, 1942), das vestibuläre System sowie unser Gehör (Degenhardt & Kuchera, 2006; Pintal & Kurtz, 1989; Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012, S. 823) aber auch die Funktionen von Hypothalamus und Hypophyse (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012, S. 701).

2.8 SSB Dysfunktionen

Die folgenden beschriebenen Dysfunktionen werden in primäre und sekundäre Dysfunktionen unterteilt. Dieses schematische Modell ist an die klassischen Beschreibungen von Sutherland angelehnt. Dysfunktionen sind jedoch in allen Kombinationen möglich und sollen deshalb eine Hilfe für Osteopathen darstellen, um sich bei der Untersuchung und Behandlung auf dysfunktionale Muster zu sensibilisieren (Liem, 2018 A, S. 444ff).

Die Dysfunktionen werden immer in die Richtung bezeichnet, in welche die SSB besser zu bewegen ist.

Die Zuschreibung der auftretenden Symptome ist eine hypothetische Annahme und konnte bisher nicht in klinischen Studien belegt werden. Die Symptome wurden in der Klinik wiederholt mit bestimmten Dysfunktionen in Verbindung gebracht und daher bei den entsprechenden Läsionen angeführt (Liem, 2018 C, S. 10ff).

Wichtig ist auch, die anatomischen Zusammenhänge von Os occipitale und Os sphenoidale auf die anderen Schädelknochen, Nerven und Gefäße zu kennen (Cloet & Groß, 1999, S. XV).

Primäre Dysfunktionen

In der Regel sind diese eine Folge von traumatischer Krafteinwirkung. Die Symptomatik ist dabei schwerwiegender.

- Superior und Inferior Vertical Strain
- Lateral Strain
- Kompression (Corts, 2016, S. 132; Liem, 2018 A, S. 444ff)

Sekundäre Dysfunktionen

Diese treten meist infolge anderer Dysfunktionen inner- und/oder außerhalb des kraniosakralen Systems als Kompensation auf.

- Flexion
- Extension
- Torsion
- Lateroflexion Rotation rechts und links (Liem, 2018 A, S. 444ff; Corts, 2016, S. 132)

2.9 Herstellung von Skelettpräparaten: Mazerationen

In diesem Abschnitt wird die Herstellung von knöchernen Präparaten beschrieben. Alle am Institut vorhandenen Schädel wurden mittels Mazeration (lat. Maceratio = „Einweichung“) (Schultka & Neumann, 2007, S. 377) vor dem Zweiten Weltkrieg hergestellt.

Die Mazeration ist als ältestes Verfahren zur Anfertigung von Präparaten in der Anatomie zu betrachten (Schultka & Neumann, 2007, S. 377).

Schritte zur Herstellung von Skelettpräparaten im Allgemeinen (Piechocki, 1986, S. 202):

1. Abfleischen
2. Mazerieren
3. Entfetten
4. Bleichen

Hierfür gibt es zwei Methoden (Piechocki, 1986):

A Biologische Methoden

B Chemische Methoden

Welche dieser Methoden angewandt wird, ist im ersten Schritt, der Vorbehandlung noch gleichgültig. Hier wird das Rohskelett hergestellt, dabei werden, nachdem der Kadaver enthäutet und ausgeweidet wurde, die Knochen abgefleischt. Danach werden die Knochen mit unterschiedlichen Methoden für den nächsten Schritt der Entfettung vorbereitet. Große Teile werden beispielsweise mit Alkoholdämpfen amazeriert, durch Anbohren wird das Knochenmark entfernt, Wirbel werden angebohrt und mit einem Nickeldraht verbunden, um die Reihenfolge nicht zu verlieren, Knochenmark wird mittels Luftdruck aus dem Knochen entfernt (Piechocki, 1986, S. 202).

Noch nicht erwachsene Schädelknochen werden je nach Größe für ein bis drei Tage in eine 70%ige Alkohollösung eingelegt, um den Knorpel zu festigen. Andernfalls würden sie beim Abkochen oder bei zu langer Mazeration zerfallen (Piechocki, 1986, S. 203).

Der nächste Schritt im biologischen Verfahren ist die Fäulnismazeration. Dabei wird noch an den Knochelementen haftendes Gewebe entfernt, ohne das Skelett zu beschädigen. Dafür werden die Teile in kaltes, destilliertes Wasser (Kaltwassermazeration), Regen- oder Schneewasser eingelegt. Leitungswasser eignet sich nicht, da es zu Kalkseifenablagerungen kommt. Diese Form zieht sich über mehrere Wochen und es kann zu starker Geruchsbildung kommen. Durch Hinzufügen einer Agar-Agar-Lösung kann dies verhindert werden. Diese Methode eignet sich besonders für die Bearbeitung von Embryonen. Die Warmwassermazeration wird mit 30 bis 40 Grad warmem Wasser durchgeführt; damit wird der Vorgang um einige Tage verkürzt. Ist dieses Verfahren beendet, wird der Knochen abgespült und getrocknet, entleimt und dann in einer Bleichsodalösung über acht Tage entfettet (Piechocki, 1986).

Eine Alternative stellt die Skelettierung durch Tiere (Insekten) dar. Dafür werden Speckkäfer verwendet (Hall & Russell, 1933; Hooper, 1950; Torre de la, 1951). Vorteil dieser Methode ist, dass auch kleinen Skelettteilen kein Schaden zugefügt wird und es sich um eine kostengünstige Methode handelt, ein Nachteil kann die Verbreitung des Schädling bei unsachgemäßer Haltung sein. Danach werden die abgefressenen Skeletteile 24 Stunden gewässert, getrocknet, entfettet und gebleicht (Piechocki, 1986). Alternativ können statt Speckkäfern, Mehlwürmer (Allen & Neill, 1950) oder auch Larven von Kleidermotten (Banta, 1961) verwendet werden.

Bei den chemischen Methoden gibt es organische und anorganische Lösungen (Piechocki, 1986).

Organische Lösungen werden mit Enzymen (Trypsin, Pepsin) hergestellt. Je nach Skelettgröße werden unterschiedliche Lösungen empfohlen (Piechocki, 1986). Die enzymatische Mazeration ist auch mit dem Waschmittel Persil möglich (Schmidt, 1981), davon wird auch ein Schnellverfahren beschrieben (Piechocki, 1986).

Die schnellere Methode ist das anorganische Verfahren mit Ammoniak (Hoffmeister & Lee, 1963), Kalilauge (Piechocki, 1986), Natronlauge (Skinner, 1926), Antiformin (Green, 1934), Natriumperoxid oder Natriumhypochlorit, allerdings muss diese Methode gut überwacht werden, da die Skeletteile schnell angegriffen werden. Alternativen stellen Hypojoditlösungen oder Ammoniumcarbonat dar, diese wurden allerdings erst in den 1980er-Jahren entwickelt (Piechocki, 1986).

Der nächste Schritt ist das Entfettungsverfahren. Nach dem bisher beschriebenen Verfahren ist der größte Teil des Fettes bereits aus dem Knochen gelöst. Wenn die Skeletteile noch fettige Regionen aufweisen, wird dieses Fett mit Chemikalien extrahiert. Dafür wurde früher Benzin oder Tetrachlorkohlenstoff verwendet. Der Einsatz dieser Lösungsmittel ist jedoch nicht ungefährlich, weshalb es mittlerweile andere Methoden mit Knochenentfettungsapparaten gibt (Piechocki, 1986, S. 215).

Zuletzt werden die Präparate gebleicht, damit alle Skeletteile eine einheitliche Farbe erhalten. Eine einfache Methode ist das Bleichen durch Sonnenstrahlen. Andere Möglichkeiten sind Wasserstoffperoxid oder Chlorkalk (Piechocki, 1986, S. 218; Hudec, 1964).

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Auf Basis der zu Beginn erwähnten Literatur von Okamoto, Ito, Tokiguchi & Furusawa, 1996, Can, 2014, Von Piekartz, 2015, Adem, 1999, Henle, 1871, Benninghoff, 1999 und Ridder, 2014 sowie der auf Sutherlands Modellen basierenden Literatur von Liem, 2018, Starkey, 2015 und Cloet & Groß, 1999 stellen sich folgende Fragen:

1. Forschungsfrage: Wie ist der Zustand der SSB bei erwachsenen knöchernen Schädelpräparaten?
2. Forschungsfrage: Wie ist der Zustand der SSB bei kindlichen knöchernen Schädelpräparaten?
3. Forschungsfrage: Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Verschlussgrad der SSB?

Nullhypothese zur 3. Forschungsfrage:

Es gibt keinen Zusammenhang zwischen Alter und Verschlussgrad.

Alternativhypothese zur 3. Forschungsfrage:

Es gibt einen Zusammenhang zwischen Alter und Verschlussgrad.

4 Methodik

4.1 Forschungsdesign

Bei der vorgestellten Studie handelt es sich um eine retrospektive, explorative, makroskopische Grundlagenstudie an knöchernen Schädelpräparaten.

4.2 Stichprobenbeschreibung

Folgende Ein- und Ausschlusskriterien wurden definiert:

Einschlusskriterien

Alle am Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz vorhandenen trockenen Schädelpräparate wurden zur Messung herangezogen.

Ausschlusskriterien

Schädelpräparate, bei denen der Bereich der SSB fehlt.

Schädelpräparate, bei denen die SSB sichtbar beschädigt ist.

Stichprobengröße

Am Institut sind 620 trockene Schädelpräparate vorhanden. 235 Präparate stammen von Erwachsenen (ab 17 Jahren), 204 von Kindern und sieben von ungeborenen Individuen. Als Kinderschädel werden jene Präparate, welche von Personen unter dem 17. LJ stammen, bezeichnet (Tait & Geisser, 2017, S. 41). In 174 Fällen war das Alter unbekannt. Diese wurden in der Auswertung nicht mitberechnet, da sie für die Fragestellung irrelevant sind. Die Aufzeichnungen zu Alter und Geschlecht wurden erst nach Beendigung der Messung ausgehändigt, weshalb diese Daten während der Messung noch nicht berücksichtigt werden konnten.

Bei den Präparaten handelt es sich um Schädel von Körperspendern verschiedenster ethnischer Herkunft, die ihren Körper dem Anatomischen Institut freiwillig zur Verfügung gestellt haben. Die meisten Präparate stammen aus der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg. Einige wenige stammen aus der Zwischenkriegszeit vor dem Zweiten Weltkrieg.

4.3 Primäre Zielparameter

Abstand von Sphenoid und Occiput in der Sagittalebene im Bereich der SSB.

Für die vorliegende Arbeit wird die vollständige Ossifikation mit dem 17. LJ angenommen (Madeline & Elster, 1995, S. 749; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996, S. 117).

Zur Einstufung wird das Fünf-Stufen-System von Bassed et al. verwendet (Bassed, Briggs, & Drummer, 2010, S. 162).

Gemessen wird mittels einer digitalen Schublehre (18 WR Lackner & Urnitsch GmbH, Graz, Österreich). Die Aufzeichnung erfolgt in mm.

4.4 Nebenparameter

Ausgewertete Nebenparameter waren auch Alter und Geschlecht.

Weiters wurden die Occiputcondylen beurteilt. So wurde mitdokumentiert, ob die Condylen symmetrisch sind oder ob einer der Condylen weiter ventral ist. Dieser Parameter wurde erst nach der Genehmigung des Konzepts gemeinsam mit Dr. Sammer definiert.

4.5 Materialien

Zur Einstufung wird das Fünf-Stufen-System von Bassed et al. verwendet.

Stufe 1: Die Synchondrose ist offen und unverschlossen.

Stufe 2: Die superiore Kante ist geschlossen, während der Rest der Verbindung offen ist.

Stufe 3: Die halbe Länge der Synchondrose ist geschlossen.

Stufe 4: Der Schluss ist nahezu komplett, die Naht ist noch sichtbar.

Stufe 5: Die Synchondrose ist vollständig verschlossen. (Bassed, Briggs, & Drummer, 2010, S. 162)

Digitale Schublehre (18 WR Lackner & Urnitsch GmbH, Graz, Österreich)

Die Beurteilung der Occiputcondylen erfolgte durch gemeinsame Observation beider Tester, Elisabeth Hödl-Majcenovic und Dr. med. Andreas Sammer.

0 = symmetrisch

1 = linker Condyl ventral

2 = rechter Condyl ventral

Folgende Excel-Tabelle wurde für die Dokumentation erstellt:

Laufende Nr.	Archivnr.	Alter	Geschlecht	Stufe	mm	Condylen

Validität und Reliabilität (Gold-Standard)

Die Beurteilung mittels Fünf-Stufen-Modell wurde ursprünglich von Powell und Brodie 1963 entwickelt und von Bassed modifiziert. Seither wurde es für etliche Studien zur Klassifikation der SSB verwendet (Bassed, Briggs, & Drummer, 2010; Fernandez- Perez, 2016; Dillon, 2018; Powell & Brodie, 1963).

Bei der gewählten digitalen Schublehre handelt es sich um einen zertifizierten digitalen Messschieber. Der Kalibrierschein wurde von der Firma Lackner und Urnitsch GmbH am 09.01.2019 ausgestellt. Messbereich: 0-33 mm.

4.6 Studienablauf

Alle am Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz befindlichen trockenen Schädelpräparate wurden gemeinsam mit Dr. Andreas Sammer einmalig vermessen. Gemessen wurde insgesamt an sechs Halbtagen im März, April und Mai 2019. (19.03., 20.03., 04.04., 08.04., 12.04. und 07.05.).

Jeder Schädel wurde nur einmal vermessen. Die Präparate wurden teilweise auch fotografiert.

Die Messung wurde von Elisabeth Hödl-Majcenovic unter Aufsicht von Andreas Sammer, Univ.-Ass. Dr. med. univ., FA für Allgemein- und Visceralchirurgie, durchgeführt. Dr. Sammer ist Mitarbeiter des Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz und war somit qualifiziert, die Durchführung der Messung anzuleiten und zu beaufsichtigen.

Kooperierendes Institut war, wie eingangs erwähnt, das Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz.

Kooperierende Personen waren folgende Mitarbeiter des Instituts: Manuel Dreu, Senior Lecturer OA. Dr. med. univ.; Georg Feigl, Senior Scientist OA Priv.-Doz. Dr. med. univ.; Andreas Sammer, Dr. med. univ.

4.7 Art der Literaturrecherche

Im Rahmen der Vorbereitungen des Konzeptes, der Konkretisierung der Messung sowie während des Entstehens dieser Arbeit wurde im Zeitraum von Herbst 2018 bis Jänner 2020 eine Recherche durchgeführt. Diese wurde unter anderem in privaten, medizinischen Bibliotheken, der Bibliothek des Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz sowie online in folgenden Datenbanken durchgeführt: Pubmed, Cochrane Library, Bibliothek der DUK, Osteopathic Research, Google Scholar, International Journal of Osteopathic Medicine, Deutsche

Zeitschrift für Osteopathie. Suchbegriffe dafür waren unter anderem: Synchrondrosis Sphenobasilaris, Synchrondrosis Sphenooccipitalis, Osteopath*, Ossifikation/ossification, Mobilität/mobility, Elastizität/elasticity, Flexibilität/flexibility, Fusion/fusion.

4.8 Datenaufbereitung

Die aufgezeichneten Daten wurden in die oben abgebildete Excel-Tabelle (Version 1911) übertragen. Zur statistischen Ausarbeitung wurde IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corp. Armonk, New York, USA) herangezogen. Die Auswertung der Daten wurde gemeinsam mit Dr.ⁱⁿ Corinna Koschmieder durchgeführt. In beratender Funktion waren Dr. Thomas Augustin und Mag.^a Corina Schleicher tätig.

Bei unvollständigen Daten (Alter, Geschlecht, Fortschritt der Verknöcherung, Abstand der Knochenkanten, Position der Occiputcondylen) wurden Missings (-99,00) eingegeben.

Um die Ergebnisse besser beurteilen zu können, wurden für die Berechnung Altersstufen (Lebensabschnitte) definiert.

Für die Einteilung wurden die Ergebnisse folgender Studien herangezogen.

Die Angaben zur Schließung variieren in den einzelnen Studien. Daher wurden die häufigsten Altersangaben herangezogen. Die Unterteilung 17 bis 19 Jahre (Tait & Geisser, 2017) ist auch aufgrund der oben angegebenen Altersgrenze für Erwachsene entstanden.

- The persistence of a spheno-occipital synchondrosis in an adult (Adem, 1999)
- Analysis of time of closure of the spheno-occipital synchondrosis using computed tomography (Bassed, Briggs, & Drummer, 2010)
- Forensic age estimation by spheno-occipital synchondrosis fusion degree (Can, 2014)
- The morphology of the spheno-occipital synchondrosis at the age of eight evaluated by tomography (Ericson & Myberg, 1973)
- The human spheno-occipital synchondrosis. The time of closure appraised macroscopically (Ingervall & Thilander, 1972)
- Roentgen determination of the time of closure of the spheno-occipital synchondrosis (Irwin, 1960)
- Suture closure in the human chondrocranium. CT assessment (Madeline & Elster, 1995)
- Postnatal development of the central skull base: normal variants. (Madeline & Elster, 1995 B)
- Time and mode of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on human autopsy material (Melsen, Time and mode of closure of the sphenooccipital determination on human autopsy material, 1972)

- Time Of Closure Of the Spheno-Occipital Synchondrosis Determined On Dry Skulls A Radiographic Craniometric Study (Melsen, Time Of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on dry skulls a radiographic craniometric study, 1968)
- L'age de fermeture de la jonction spheno-occipitale du clivus. Determination par I.R.M. (Meneses, Laude, & Casero, 1994)
- Magnetic resonance images and histology of the spheno-occipital synchondrosis in young monkeys (*Macaca fuscata*). (Nakamura, et al., 1999)
- High-resolution CT findings in the development of the sphenooccipital synchondrosis (Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996)
- Closure of the spheno-occipital synchondrosis (Powell & Brodie, 1963)
- The human spheno-occipital synchondrosis. II. A histological and microradiographic study of its growth. (Thilander & Ingervall, 1973)

Folgende Altersgruppen wurden definiert:

- ungeboren (SSB laut Literatur unverschlossen)
- null bis sieben Jahre (SSB laut Literatur unverschlossen)
- acht bis 16 Jahre (Beginn des Verschlusses der SSB)
- 17 bis 19 Jahre (SSB laut Literatur frühestens verschlossen)
- älter als 20 Jahre (SSB laut Literatur sicher verschlossen)

5 Ergebnisse

Im Folgenden werden in einem ersten Schritt die deskriptiven Statistiken der erhobenen Variablen (Alter, Geschlecht, Lebensabschnitt, Fortschritt der Verknöcherung sowie Abstand der Knochenkanten und die Position der Occiputcondylen) dargestellt. Die Variable Fortschritt der Verknöcherung wird in den Tabellen mit „Stufen“ bezeichnet, die Variable Abstand der Knochenkanten mit „mm“ und die Position der Occiputcondylen mit „Condylen“. Mit Lebensabschnitt sind die von der Autorin definierten Altersgruppen gemeint. Anschließend werden die jeweiligen Verteilungen für Kinder und Erwachsene berichtet. In einem dritten Schritt werden Unterschiede mittels Mann-Whitney-U-Test sowie Zusammenhänge über Korrelationen geprüft.

5.1 Deskriptive Statistiken von Alter, Geschlecht, Fortschritt der Verknöcherung, Abstand der Knochenkanten und Position der Occiputcondylen

Tabelle 1 zeigt, dass von den insgesamt 446 beurteilten und auch ausgewerteten Schädelpräparaten 211 von Kindern (Ungeborene miteinbezogen) und 235 von Erwachsenen stammten.

Tabelle 1: Lebensabschnitt: Kinder/Erwachsene

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Kinder	211	47,3	47,3	47,3
	Erwachsene	235	52,7	52,7	100,0
	Gesamt	446	100,0	100,0	

Die deskriptiven Daten werden in Tabelle 2 dargestellt. Das Durchschnittsalter lag bei 23 Jahren ($\bar{x}=22,52$, $SD=21,58$). Bezüglich des Geschlechtes stammen 107 Schädelpräparate von weiblichen, 284 von männlichen Personen und bei 229 war das Geschlecht unbekannt. Daraus ergibt sich, dass 27,4% der 391 Präparate, bei denen das Geschlecht bekannt war, von weiblichen Schädeln stammen und 72,6% von männlichen. Somit stammen deutlich mehr von männlichen Probanden.

Bei der Variable Fortschritt der Verknöcherung lag der Mittelwert bei 2,89, die Standardabweichung bei 1,85.

Bezüglich des Parameters Abstand der Knochenkanten lagen die Werte bei 0,85 (\bar{x}) und 0,64 (SD).

Im Fall der Occiputcondylen lag der Mittelwert bei 0,40, die Standardabweichung bei 0,64.

Bei den definierten Altersstufen (Lebensabschnitt) lag der Mittelwert bei 0,52 und die Standardabweichung bei 0,49. Die beschriebenen Ergebnisse sind in Tabelle 2 abzulesen.

Tabelle 2: Deskriptive Daten allgemein

		Alter	Geschlecht	Stufe	mm	Condylen	Lebensabschnitt
N	Gültig	446	346	438	422	446	446
	Fehlend	0	100	8	24	0	0
Mittelwert		22,5250	1,72	2,89	,858	,40	,5269
Median		20,0000	2,00	4,00	,000	,00	1,0000
Modus		,00	2	1	,0	0	1,00
Std.-Abweichung		21,58504	,450	1,852	1,1246	,642	,49984

In Tabelle 3, wie auch in Abbildung 10, sind die Altersstufen und ihre Verteilung in Bezug auf das Geschlecht angegeben. Bezüglich der Altersstufen stammte in der definierten Stufe „ungeboren“ ein Schädel von einem männlichen Individuum. In der Altersklasse null bis sieben Jahre ($n=101$) gab es 51,5% weibliche und 48,5% männliche Präparate. Bei 52,2% handelte es sich in der folgenden Altersstufe (8. - 16. LJ) um weibliche und bei 47,8% um männliche Individuen. Insgesamt waren in dieser Altersklasse 23 Präparate vorhanden. In den beiden letzten Klassen war der Unterschied der Abstammung größer, wobei angemerkt werden muss, dass im Lebensabschnitt 17 bis 19 Jahre nur neun Schädel, ab dem 20. LJ 212 Präparate vorhanden waren. Hier finden sich mit 11,1% in der Altersstufe 17 bis 19 Jahre und mit 15,1% in der Klasse ab 20 Jahren deutlich weniger Schädel von Frauen. Mit 88,9% und 84,9% gibt es deutlich mehr männliche Präparate. Das bestätigt auch das bereits oben vorgestellte Ergebnis, dass mit 72% mehr Schädelpräparate von Männern stammen. In 100 von 446 Fällen war das Geschlecht unbekannt.

Tabelle 3: Kreuztabelle: Altersgruppen und Geschlecht

			Geschlecht		Gesamt	
			weiblich	männlich		
Altersstufen	Ungeboren	Anzahl	0	1	1	
		% innerhalb von Altersstufen	0,0%	100,0%	100,0%	
	0-7 J	Anzahl	52	49	101	
		% innerhalb von Altersstufen	51,5%	48,5%	100,0%	
	8-16 J	Anzahl	12	11	23	
		% innerhalb von Altersstufen	52,2%	47,8%	100,0%	
	17-19 J	Anzahl	1	8	9	
		% innerhalb von Altersstufen	11,1%	88,9%	100,0%	
	ab 20 J	Anzahl	32	180	212	
		% innerhalb von Altersstufen	15,1%	84,9%	100,0%	
	Gesamt		Anzahl	97	249	346
			% innerhalb von Altersstufen	28,0%	72,0%	100,0%

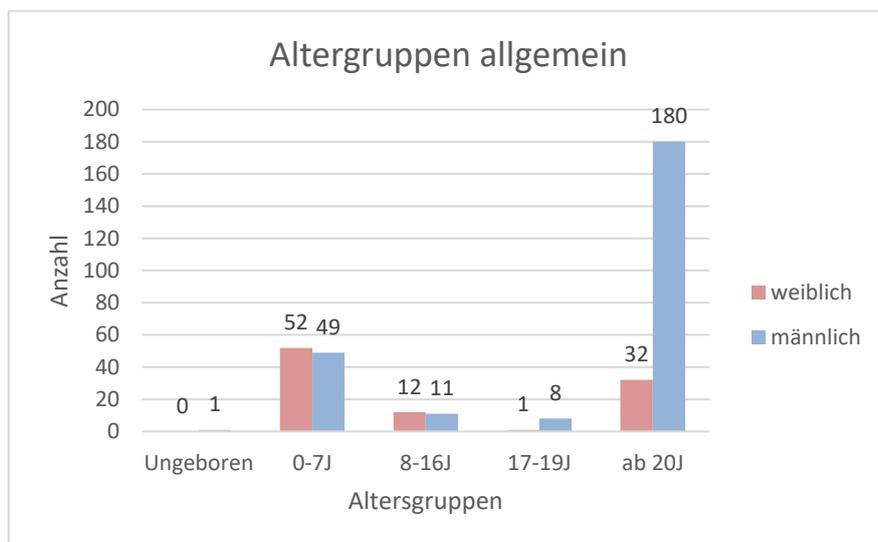


Abbildung 10: Altersgruppen allgemein

Bezüglich des Fortschritts der Verknöcherung (= Stufen) ergaben sich folgende, in Tabelle 4 und Abbildung 11 ablesbare Werte: In der Altersklasse „Ungeboren“ lag die Verknöcherung in 100% der Fälle bei Stufe 1, was bedeutet, dass die SSB offen und unverschlossen ist ($n=7$). In der Altersstufe null bis sieben Jahre ($n=166$) fand sich auch in 98,2% der untersuchten Präparate die Stufe 1, nur in einem Fall konnte die SSB mit der Stufe 2 beurteilt werden ($=0,6%$); bei zwei Schädeln wurde sie mit Stufe 4 bewertet ($=1,2%$), das repräsentiert, dass die Synchondrose verschlossen und die Naht noch sichtbar ist.

In der folgenden Altersstufe acht bis 16 Jahre wurden 96,7% mit der Stufe 1 beurteilt und nur 3,3% (eines von insgesamt 30 Präparaten) mit der Stufe 5 (die Synchronrose ist vollständig verschlossen).

Die erste größere Veränderung der Verteilung findet man in der Altersklasse 17 bis 19 Jahre ($n=10$). Hier wurden nur noch 50% mit der Stufe 1 beurteilt. Bei 10% wurde mit Stufe 3 beurteilt und bei je 20% mit den Stufen 4 und 5.

Im letzten definierten Lebensabschnitt ab 20 Jahren wurden 64,4% mit der Stufe 5, 31,6% mit der Stufe 4, 1,8% mit der Stufe 3 und nur mehr 2,2% mit der Stufe 1 beurteilt ($n=225$).

Tabelle 4: Kreuztabelle: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung allgemein

			Stufe					Gesamt	
			1	2	3	4	5		
Altersstufen	Ungeboren	Anzahl	7	0	0	0	0	7	
		% innerhalb von Altersstufen	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
	0-7 J	Anzahl	163	1	0	2	0	166	
		% innerhalb von Altersstufen	98,2%	0,6%	0,0%	1,2%	0,0%	100,0%	
	8-16 J	Anzahl	29	0	0	0	1	30	
		% innerhalb von Altersstufen	96,7%	0,0%	0,0%	0,0%	3,3%	100,0%	
	17-19 J	Anzahl	5	0	1	2	2	10	
		% innerhalb von Altersstufen	50,0%	0,0%	10,0%	20,0%	20,0%	100,0%	
	ab 20 J	Anzahl	5	0	4	71	145	225	
		% innerhalb von Altersstufen	2,2%	0,0%	1,8%	31,6%	64,4%	100,0%	
	Gesamt		Anzahl	209	1	5	75	148	438
			% innerhalb von Altersstufen	47,7%	0,2%	1,1%	17,1%	33,8%	100,0%

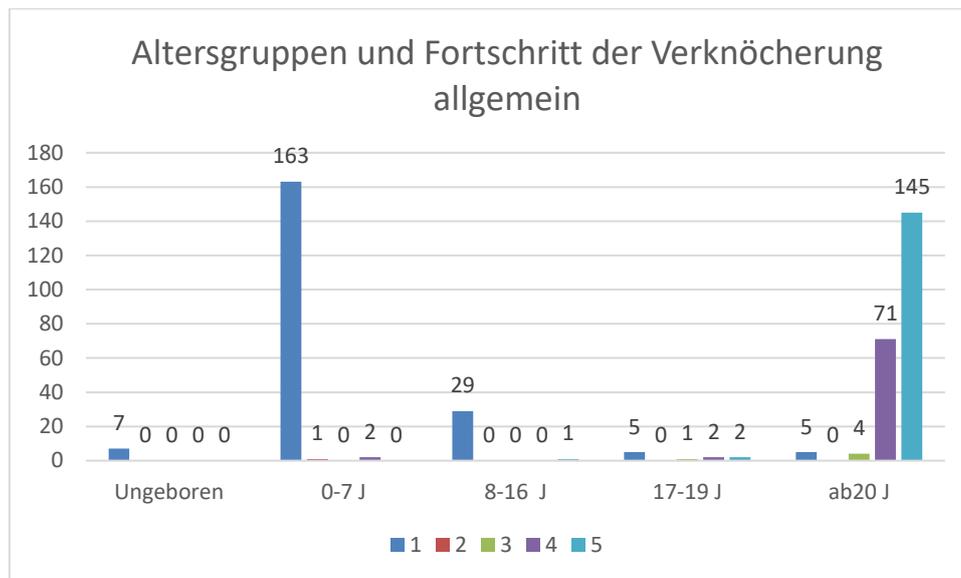


Abbildung 11: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung allgemein

Im Folgenden werden die Werte des Fortschritts der Verknöcherung bezogen auf ein Geschlecht berichtet (siehe Tabelle 5 und Abbildung 12).

Weibliche Schädelpräparate gab es für alle Altersklassen, ausgenommen für Ungeborene.

100% des ersten definierten Lebensabschnittes (null bis sieben Jahre) wurden mit Stufe 1 bewertet (52 Präparate).

Von 12 Schädeln in der Altersklasse acht bis 16 Jahre ($n=12$) wurde einer mit Stufe 5 bewertet, alle anderen mit Stufe 1. Im folgenden Lebensabschnitt 17 bis 19 Jahre ($n=1$) war nur ein weiblicher Schädel vorhanden, welcher mit Stufe 5 bewertet wurde.

In der Altersstufe ab 20 Jahre ($n=32$) wurden 78,1% mit der Stufe 5 und 7,2% mit der Stufe 4 beurteilt.

Bei den weiblichen Schädelpräparaten fanden sich in keinem Fall die Stufen 2 und 3. Die beschriebenen Ergebnisse werden in Tabelle 5 und Abbildung 3 gezeigt.

Tabelle 5: Kreuztabelle: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung weiblich

			Stufe			Gesamt
			1	4	5	
Altersstufen	0-7 J	Anzahl	52	0	0	52
		% innerhalb von Altersstufen	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	8-16 J	Anzahl	11	0	1	12
		% innerhalb von Altersstufen	91,7%	0,0%	8,3%	100,0%
	17-19 J	Anzahl	0	0	1	1
		% innerhalb von Altersstufen	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	ab 20 J	Anzahl	0	7	25	32
		% innerhalb von Altersstufen	0,0%	21,9%	78,1%	100,0%
Gesamt		Anzahl	63	7	27	97
		% innerhalb von Altersstufen	64,9%	7,2%	27,8%	100,0%

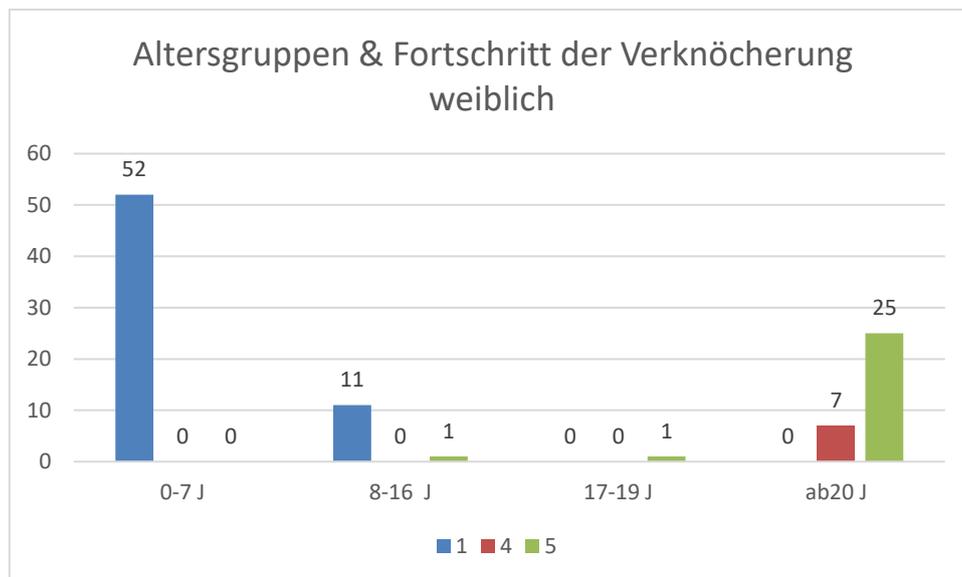


Abbildung 12: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung weiblich

Bei den Schädelpräparaten von männlichen Individuen (siehe Tabelle 6 und Abbildung 13) gab es im Lebensabschnitt „Ungeboren“ nur ein Schädelpräparat, welches mit Stufe 1 bewertet wurde.

In der nächsten Altersklasse null bis sieben Jahre ($n=45$) wurden 95,6% mit Stufe 1 und nur 4,4% mit der Stufe 4 beurteilt.

Alle elf Präparate der Altersklasse acht bis 16 Jahre wurden mit Stufe 1 bewertet. Die Ergebnisse im Lebensabschnitt 17 bis 19 Jahre ($n=8$) waren: 62,5% Stufe 1, 12,5% Stufe 3

und 25,0% Stufe 4. Als vollständig verschlossen, mit nicht mehr sichtbarer Naht (= Stufe 5), wurde kein Schädel bewertet.

Erst in der Altersstufe ab 20 Jahren ($n=180$) fanden sich 110 Präparate (= 61,1%), die mit Stufe 5 bewertet wurden. 35,0% wurden in Stufe 4, nur 2,2% in Stufe 3 und 1,7% in Stufe 1 eingestuft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 und Abbildung 4 ersichtlich.

Tabelle 6: Kreuztabelle: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung männlich

			Stufe				Gesamt	
			1	3	4	5		
Altersstufen	Ungeboren	Anzahl	1	0	0	0	1	
		% innerhalb von Altersstufen	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
	0-7 J	Anzahl	43	0	2	0	45	
		% innerhalb von Altersstufen	95,6%	0,0%	4,4%	0,0%	100,0%	
	8-16 J	Anzahl	11	0	0	0	11	
		% innerhalb von Altersstufen	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
	17-19 J	Anzahl	5	1	2	0	8	
		% innerhalb von Altersstufen	62,5%	12,5%	25,0%	0,0%	100,0%	
	ab 20 J	Anzahl	3	4	63	110	180	
		% innerhalb von Altersstufen	1,7%	2,2%	35,0%	61,1%	100,0%	
	Gesamt		Anzahl	63	5	67	110	245
			% innerhalb von Altersstufen	25,7%	2,0%	27,3%	44,9%	100,0%

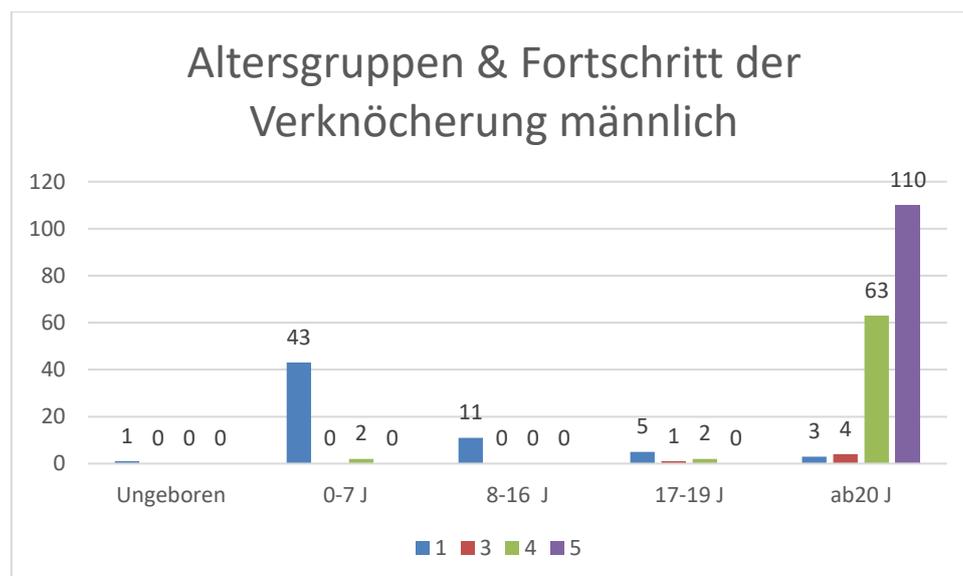


Abbildung 13: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung männlich

Folgende Tabelle (Tabelle 7 und auch Abbildung 14) zeigt, welche Stufe wie häufig vorgekommen ist.

Am häufigsten wurden die Präparate (mit 46,9%) mit Stufe 1 beurteilt ($n=209$). Die Stufe 5 wurde in 33,2% gewählt ($n=148$). Mit 16,8% steht die Stufe 4 an dritter Stelle ($n=75$). In nur 1,1% wurde mit Stufe 3 ($n=5$), und in 0,2% mit Stufe 2 ($n=1$) bewertet. Bei acht der 446 Schädel konnte die Stufe aus unterschiedlichen Gründen nicht gemessen werden. Die SSB war bei diesen acht Präparaten beschädigt, jedoch nicht auf den ersten Blick ersichtlich. In einem Fall war die SSB nicht beurteilbar, weil der Schädel genau an der SSB geschnitten wurde.

Der Mittelwert liegt bei 2,89, die Standardabweichung bei 1,85.

Tabelle 7: Fortschritt der Verknöcherung allgemein

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	1	209	46,9	47,7	47,7
	2	1	,2	,2	47,9
	3	5	1,1	1,1	49,1
	4	75	16,8	17,1	66,2
	5	148	33,2	33,8	100,0
	Gesamt	438	98,2	100,0	
Fehlend	-99	8	1,8		
Gesamt		446	100,0		

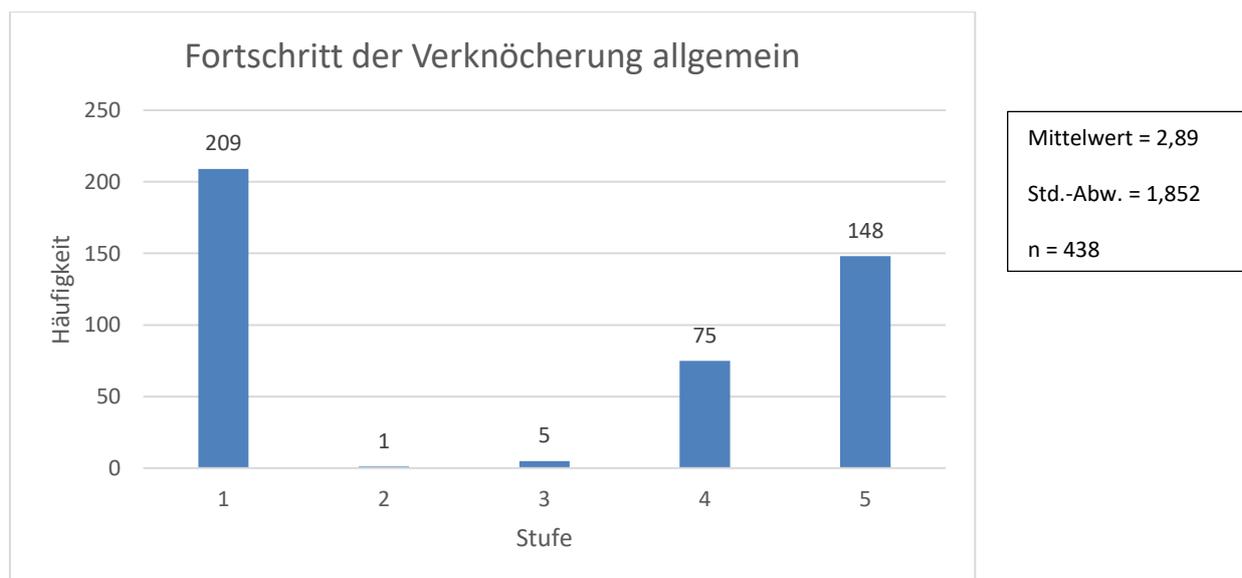


Abbildung 14: Fortschritt der Verknöcherung allgemein

Bei der Variable Abstand der Knochenkanten, im Folgenden mit „mm“ benannt (ablesbar in Tabelle 8 und grafisch dargestellt in Abbildung 15), konnten in 50% der gemessenen und ausgewerteten Schädelpräparate die mm nicht gemessen werden, da die SSB verknöchert war (223 von 446 Schädel wurden daher mit 0,0 mm bewertet).

In 5,4% der 446 Präparate (24 Schädel) konnten die mm nicht gemessen werden. Gründe dafür waren „ausgefranzte Knochenkanten“ oder Beschädigungen des Schädels an anderer Stelle. Diese wurden zwar repariert, aber aufgrund der daraus entstandenen Beweglichkeit konnte der Abstand nicht gemessen werden. Ein weiterer Grund war eine knorpelig verstrichene SSB. In diesem Fall bestand ein großer Bereich der Schädelbasis noch aus Knorpelgewebe, wodurch die SSB zwar mit der Stufe 1 bewertet werden konnte, eine genaue Messung des Abstandes aber aufgrund der fehlenden Knochenkanten nicht möglich war.

Bei 199 Individuen konnte ein Abstand gemessen werden. Der geringste Wert war 0,5 mm, der höchste 5 mm. Am häufigsten wurde 1 mm gemessen.

Der Mittelwert lag bei 0,86, die Standardabweichung bei 1,12.

Tabelle 8: Abstand der Knochenkanten, gemessen in mm, allgemein

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	,0	223	50,0	52,8	52,8
	,5	6	1,3	1,4	54,3
	1,0	83	18,6	19,7	73,9
	1,5	1	,2	,2	74,2
	2,0	67	15,0	15,9	90,0
	3,0	32	7,2	7,6	97,6
	4,0	5	1,1	1,2	98,8
	4,5	1	,2	,2	99,1
	5,0	4	,9	,9	100,0
	Gesamt	422	94,6	100,0	
Fehlend	-99,0	24	5,4		
Gesamt		446	100,0		

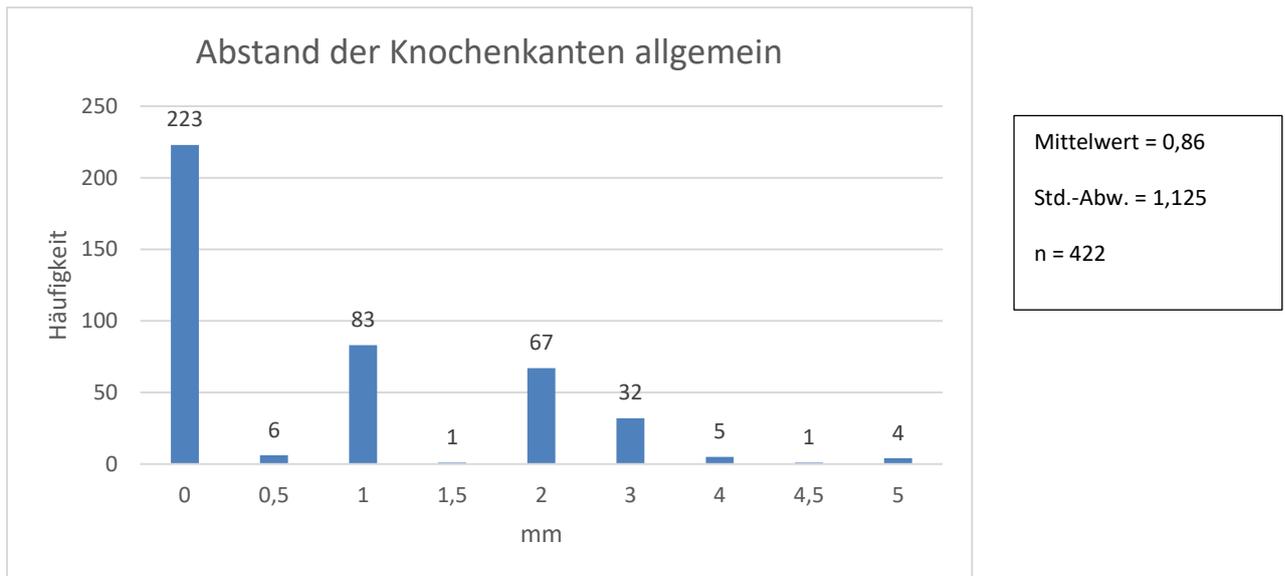


Abbildung 15: Abstand der Knochenkanten allgemein

Die Variable Occiputcondylen konnte in allen 620 Fällen beurteilt werden (siehe Tabelle 9). Werden ausschließlich die Werte der 446 Schädel (siehe Tabelle 10), bei denen das Alter bekannt war, zur Berechnung herangezogen, zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der Gesamtanzahl von 620 Schädeln.

In 66% bzw. 68,4% ist die Position der Occiputcondylen symmetrisch. In 23,4% bzw. 23,1% ist der linke Condyl weiter vorne, in 10,6% bzw. 8,5% der rechte.

Tabelle 9: Position der Occiputcondylen aller vorhandener Präparate

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Symmetrisch	409	66,0	66,0	66,0
	Linker Condyl ventral	145	23,4	23,4	89,4
	Rechter Condyl ventral	66	10,6	10,6	100,0
	Gesamt	620	100,0	100,0	

Tabelle 10: Position der Occiputcondylen aller Präparate mit Altersangabe

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Symmetrisch	305	68,4	68,4	68,4
	Linker Condyl ventral	103	23,1	23,1	91,5
	Rechter Condyl ventral	38	8,5	8,5	100,0
	Gesamt	446	100,0	100,0	

5.2 Deskriptive Statistik Kinder

Im Folgenden werden die Variablen Geschlecht, Fortschritt der Verknöcherung sowie Abstand der Knochenkanten und Position der Occiputcondylen bei Kindern, also bei unter 17-Jährigen, bewertet (siehe Tabelle 11). Auf Alter bzw. Lebensabschnitt (Altersgruppen) wird hier kein weiteres Mal eingegangen, da die Ergebnisse bereits vorgestellt wurden.

Das Durchschnittsalter in der Gruppe Kinder lag bei 3 Jahren ($\bar{x}=3,23$, $SD=3,73$).

Tabelle 12 zeigt, dass bezüglich des Geschlechtes 64 Schädelpräparate von weiblichen, 61 von männlichen Personen stammen und bei 86 das Geschlecht unbekannt war. Daraus ergibt sich, dass 51,2% der 125 Präparate, bei denen das Geschlecht bekannt war, von weiblichen Schädeln stammt und 48,8% von männlichen. Somit sind beide Geschlechter bei den Kindern annähernd gleich vertreten.

Bei der Variable Fortschritt der Verknöcherung lag der Mittelwert bei 1,05, die Standardabweichung bei 0,41.

Bezüglich des Parameters Abstand der Knochenkanten lagen die Werte bei 1,82 (\bar{x}) und 0,98 (SD).

Im Fall der Occiputcondylen lag der Mittelwert bei 0,30, die Standardabweichung betrug 0,63.

Bei den definierten Altersstufen (Lebensabschnitt) lagen sowohl der Mittelwert als auch die Standardabweichung bei 0,00.

Tabelle 11: Deskriptive Daten Kinder

		Alter	Geschlecht	Stufe	mm	Condylen	Lebensabschnitt
n	Gültig	211	125	203	193	211	211
	Fehlend	0	86	8	18	0	0
Mittelwert		3,2378	1,49	1,05	1,821	,30	,0000
Median		2,0000	1,00	1,00	2,000	,00	,0000
Modus		,00	1	1	1,0	0	,00
Std.-Abweichung		3,73469	,502	,413	,9818	,633	,00000

Tabelle 12: Verteilung der Geschlechter bei Kindern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Weiblich	64	30,3	51,2	51,2
	Männlich	61	28,9	48,8	100,0
	Gesamt	125	59,2	100,0	
Fehlend	-99	86	40,8		
Gesamt		211	100,0		

In der folgenden Tabelle (Tabelle 13 und auch in Abbildung 16) wird gezeigt, welche Stufe (Fortschritt der Verknöcherung) bei den Präparaten bis zum 17. LJ wie häufig vorgekommen ist ($n=211$). Grafisch dargestellt werden die beschriebenen Ergebnisse in Abbildung 17.

Am absolut häufigsten wurden die Präparate (mit 94,3%) mit Stufe 1 beurteilt. Mit den Stufen 2 und 5 wurde jeweils nur ein Schädel beurteilt, somit waren diese beiden Stufen nur in 0,5% der Fälle vertreten. Nur zwei (= 0,9%) der insgesamt 203 Schädelpräparate, bei denen eine Einteilung möglich war, konnten der vierten Stufe zugeordnet werden. Bei acht von allen 211 kindlichen Individuen war keine Beurteilung möglich. Gründe dafür waren Beschädigungen, welche erst bei näherer Betrachtung feststellbar waren. Laufende Nummern: 474, 475, 482, 484, 488, 495, 519, 523.

Der Mittelwert lag bei 1,05, die Standardabweichung bei 0,41 ($n=203$). Das zeigt deutlich, dass die SSB bei den von Kindern stammenden Präparaten am häufigsten als offen und unverschlossen beurteilt wurde.

Tabelle 13: Fortschritt der Verknöcherung bei Kindern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	1	199	94,3	98,0	98,0
	2	1	,5	,5	98,5
	4	2	,9	1,0	99,5
	5	1	,5	,5	100,0
	Gesamt	203	96,2	100,0	
Fehlend	-99	8	3,8		
Gesamt		211	100,0		

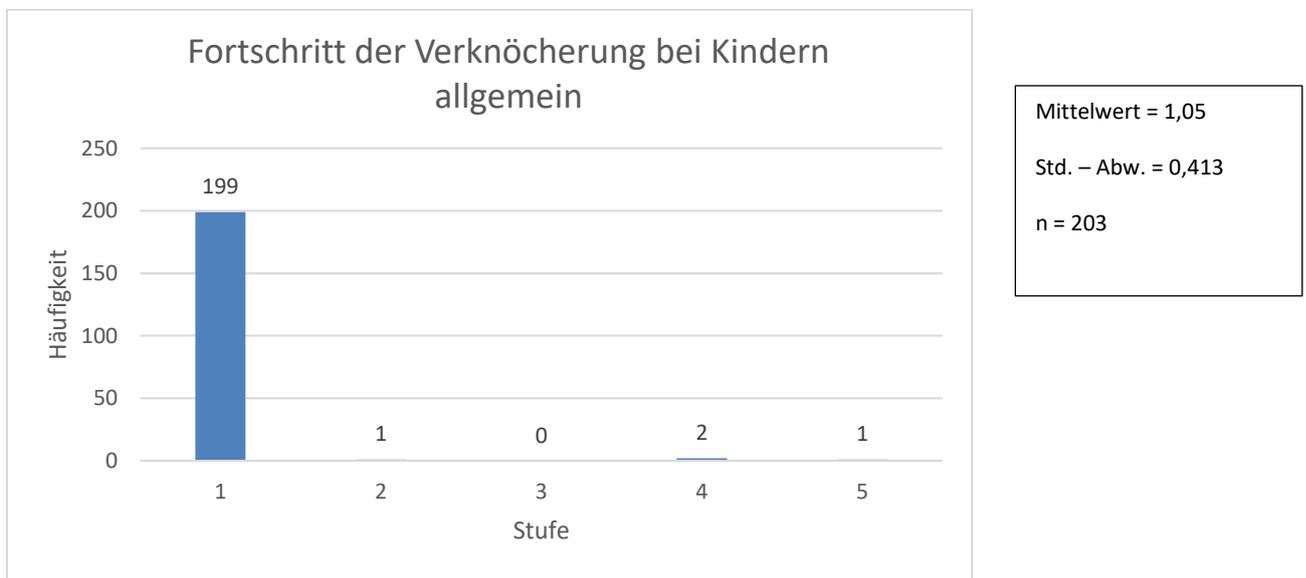


Abbildung 16: Fortschritt der Verknöcherung bei Kindern

Betrachtet man die Variable Abstand der Knochenkanten, im Folgenden mit „mm“ benannt, in Tabelle 14 und Abbildung 17, wurden folgende Werte ermittelt: In 193 von insgesamt 211 Fällen konnte der Abstand in mm gemessen werden. In nur 8,5%, also bei 18 Schädeln, war eine Messung nicht möglich. In acht Fällen war, wie bereits im vorherigen Absatz beschrieben, eine Einstufung nicht möglich, weshalb es auch keine Abstandsmessung gibt. Drei Präparate wurden mit Stufe 4 bzw. 5 bewertet, also als verschlossen beurteilt, auch in diesen Fällen gibt es keine Angabe zu den mm. Bei den verbliebenen sieben Schädeln war eine Abstandsmessung unmöglich, da die gesamte Schädelbasis noch aus Knorpelgewebe bestand. Diese konnten zwar mit der Stufe 1 als offen und unverschlossen beurteilt werden, eine Angabe zu den mm konnte jedoch nicht gemacht werden. Die Anmerkung bei diesen Präparaten war: „knorpelig verstrichen“.

Der Mittelwert lag bei 1,82, die Standardabweichung bei 0,98 ($n=193$).

Tabelle 14: Abstand der Knochenkanten bei Kindern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	,0	3	1,4	1,6	1,6
	,5	3	1,4	1,6	3,1
	1,0	79	37,4	40,9	44,0
	1,5	1	,5	,5	44,6
	2,0	66	31,3	34,2	78,8
	3,0	31	14,7	16,1	94,8
	4,0	5	2,4	2,6	97,4
	4,5	1	,5	,5	97,9
	5,0	4	1,9	2,1	100,0
	Gesamt	193	91,5	100,0	
Fehlend	-99,0	18	8,5		
Gesamt		211	100,0		

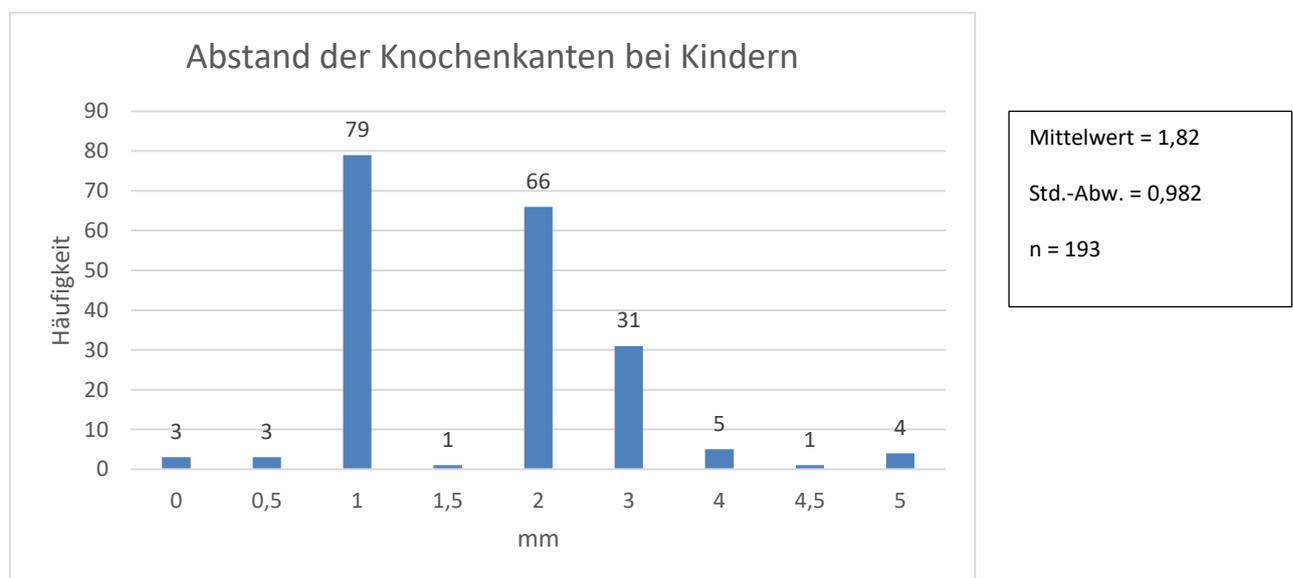


Abbildung 17: Abstand der Knochenkanten bei Kindern

Die Variable Position der Occiputcondylen wird in Tabelle 15 und Abbildung 18 gezeigt. Diese ergab auch bei den Kindern, dass in 168 von 211 Fällen, bei denen auch das Alter bekannt war, die Position symmetrisch war. Somit ist die Position in 79,6% symmetrisch. Bei 23

Schädeln war der linke Condyl ventral, also bei 10,9%, bei 20 Präparaten, also 9,5%, der rechte.

Tabelle 15: Position der Occiputcondylen bei Kindern

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Symmetrisch	168	79,6	79,6	79,6
	Linker Condyl ventral	23	10,9	10,9	90,5
	Rechter Condyl ventral	20	9,5	9,5	100,0
	Gesamt	211	100,0	100,0	

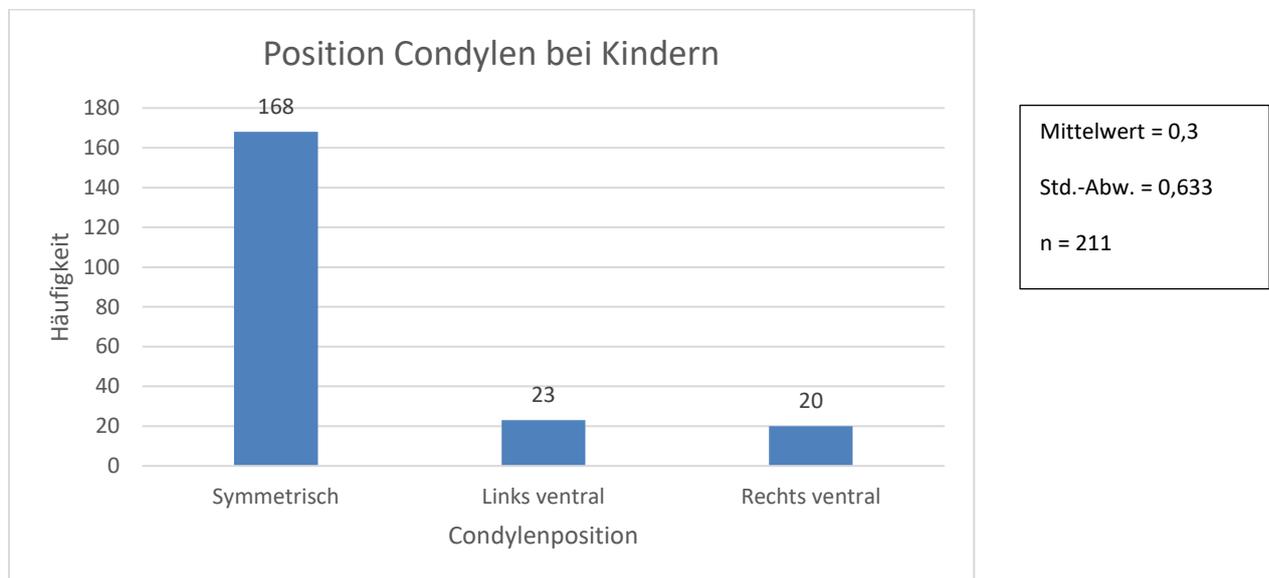


Abbildung 18: Position der Occiputcondylen bei Kindern

5.3 Deskriptive Statistik Erwachsene

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse bezüglich des Geschlechtes, Fortschritt der Verknöcherung, Abstand der Knochenkanten sowie die Position der Occiputcondylen bei Erwachsenen präsentiert.

Berechnet mit insgesamt 221 Schädelpräparaten, bei denen eine Angabe zum Geschlecht gemacht werden konnte, stammen mit 85,1% deutlich mehr Präparate von männlichen Individuen ($n=188$). Nur 14,9% ($n=33$) sind von Frauen.

Keine Angaben bezüglich des Geschlechts gab es bei nur 14 von insgesamt 235 Personen (=6%) (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Verteilung der Geschlechter bei Erwachsenen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Weiblich	33	14,0	14,9	14,9
	Männlich	188	80,0	85,1	100,0
	Gesamt	221	94,0	100,0	
Fehlend	-99	14	6,0		
Gesamt		235	100,0		

Bezüglich des Fortschritts der Verknöcherung (dargestellt in Tabelle 17 und Abbildung 19) konnte bei allen vorhandenen Erwachsenenschädeln mit Altersangabe ($n=235$) die Stufe beurteilt werden. In 62,6% ($n=147$) wurde die Synchronrose als vollständig verschlossen (= Stufe 5) eingestuft.

In 31,1% ($n=73$) wurde die SSB mit der Stufe 4 beurteilt. Somit ist die Synchronrose bei über 17-Jährigen in 93,7% ($n=220$) vollständig knöchern durchbaut.

Nur zehn Präparate wurden mit Stufe 1 beurteilt (= 4,3%).

Mit Stufe 2 konnte kein Schädel eingestuft werden. Bei nur fünf Präparaten wurde die Stufe 3 festgestellt (= 2,1%).

Bei der Variable Fortschritt der Verknöcherung lag der Mittelwert bei 4,48, die Standardabweichung bei 0,89. Die beschriebenen Ergebnisse sind in Tabelle 17 und Abbildung 19 ablesbar.

Tabelle 17: Fortschritt der Verknöcherung bei Erwachsenen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	1	10	4,3	4,3	4,3
	3	5	2,1	2,1	6,4
	4	73	31,1	31,1	37,4
	5	147	62,6	62,6	100,0
	Gesamt	235	100,0	100,0	

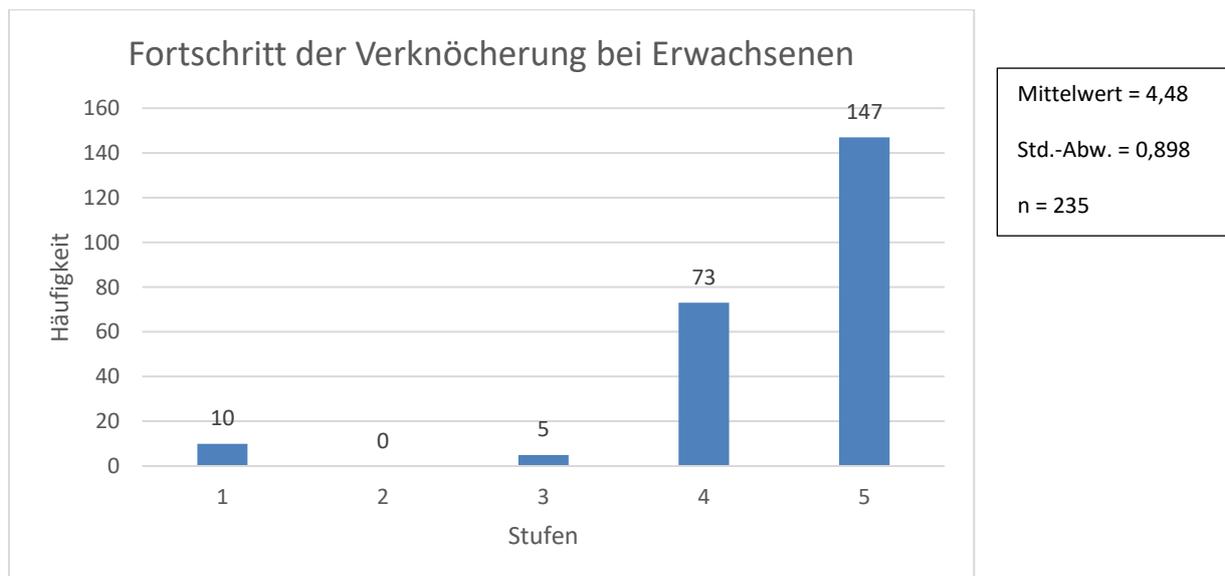


Abbildung 19: Fortschritt der Verknöcherung bei Erwachsenen

Nachstehend wird in Tabelle 18 und Abbildung 20 auf die Ergebnisse des Abstandes zwischen Os sphenoidale und Os occipitale näher eingegangen. Da wie im Vorfeld bereits beschrieben nur bei einer geringen Anzahl die SSB mit der Stufe 1 beurteilt wurde, sind nur wenig Angaben in mm vorhanden.

Bei neun von insgesamt 235 von Erwachsenen stammenden Präparaten, konnten die mm gemessen werden (laufende Nummern: 24, 88, 165, 170, 204, 248, 250, 380, 426). In einem Fall konnte die SSB zwar mit Stufe 1 beurteilt werden, jedoch keine Angabe zu den mm gemacht werden (laufende Nummer 174). Der Grund dafür war, dass der Abstand an mehreren Stellen so unterschiedlich war, dass es nicht eindeutig beurteilbar war. In nur zwei Fällen konnten mehr als 1 mm gemessen werden. Bei vier Präparaten betrug der Abstand 1 mm, bei drei nur 0,5 mm. In diesen drei Fällen war die Angabe kleiner als 1 mm, da für die Berechnung ein Zahlenwert notwendig war, wurden sie auf 0,5 mm festgesetzt. In 3,8% der Fälle konnten Angaben zu den mm gemacht werden.

Dies untermauert eindeutig, dass bei den meisten Erwachsenen die SSB vollständig knöchern durchbaut ist.

Bezüglich des Parameters Abstand der Knochenkanten lagen Mittelwert und Standardabweichung bei 1,17 (\bar{x}) und 0,82 (SD).

Tabelle 18: Abstand der Knochenkanten bei Erwachsenen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	,5	3	1,3	33,3	33,3
	1,0	4	1,7	44,4	77,8
	2,0	1	,4	11,1	88,9
	3,0	1	,4	11,1	100,0
	Gesamt	9	3,8	100,0	
Fehlend	-99,0	226	96,2		
Gesamt		235	100,0		

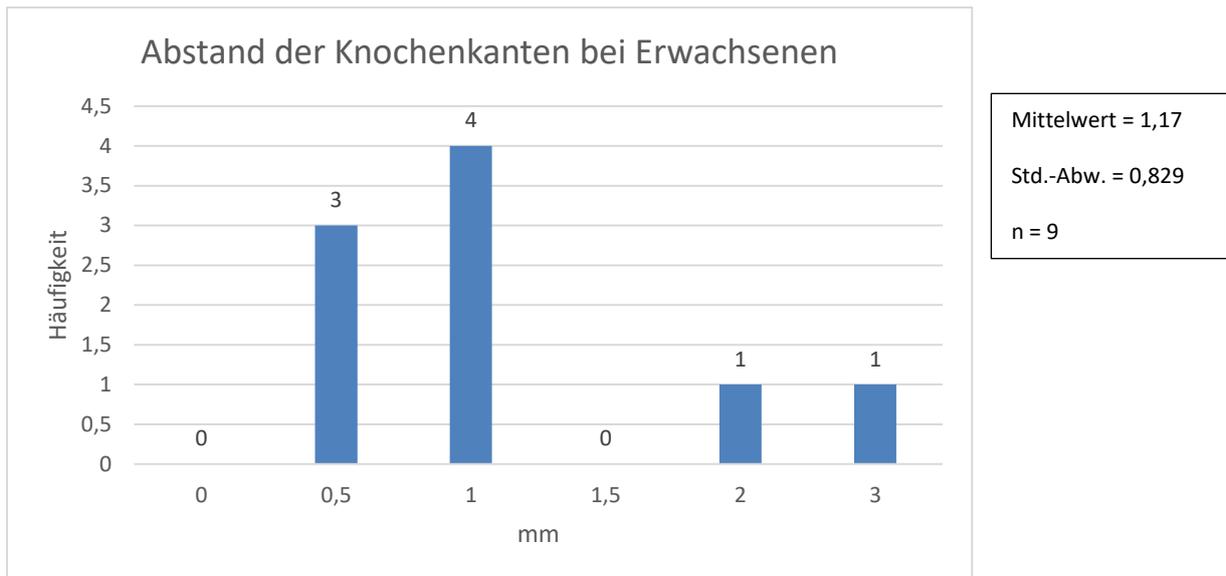


Abbildung 20: Abstand der Knochenkanten bei Erwachsenen

Die Variable Occiputcondylen bestätigt in der Gruppe der Erwachsenen die bereits präsentierten Werte von allen gemessenen Schädelpräparaten bzw. die der Kinder (siehe Tabelle 19).

In allen Fällen konnte die Position der Condylen beurteilt werden ($n=235$). In 58,3% ($n=137$) von 235 Präparaten sind die Condylen symmetrisch. In 34% ist der linke Condyl weiter ventral ($n=80$), in nur 7,7% der rechte ($n=18$).

Tabelle 19: Position der Occiputcondylen bei Erwachsenen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Symmetrisch	137	58,3	58,3	58,3
	Linker Condyl ventral	80	34,0	34,0	92,3
	Rechter Condyl ventral	18	7,7	7,7	100,0
	Gesamt	235	100,0	100,0	

Im Folgenden (Abbildung 21) wurden die Verteilungen gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die Stufe 1 in der Gruppe der Kinder wesentlich häufiger vorkommt, während bei den Erwachsenen die Stufe 5 am häufigsten ist.

In 147 Fällen wurden die Präparate von Erwachsenen mit der Stufe 5 beurteilt, in nur zehn Fällen mit Stufe 1. Bei den Kindern zeigte sich die Situation umgekehrt: Nur eines wurden in der Stufe 5 eingestuft, 199 in der Stufe 1.

Daraus geht hervor: Je älter das Individuum ist, desto geschlossener ist die Synchronrose.

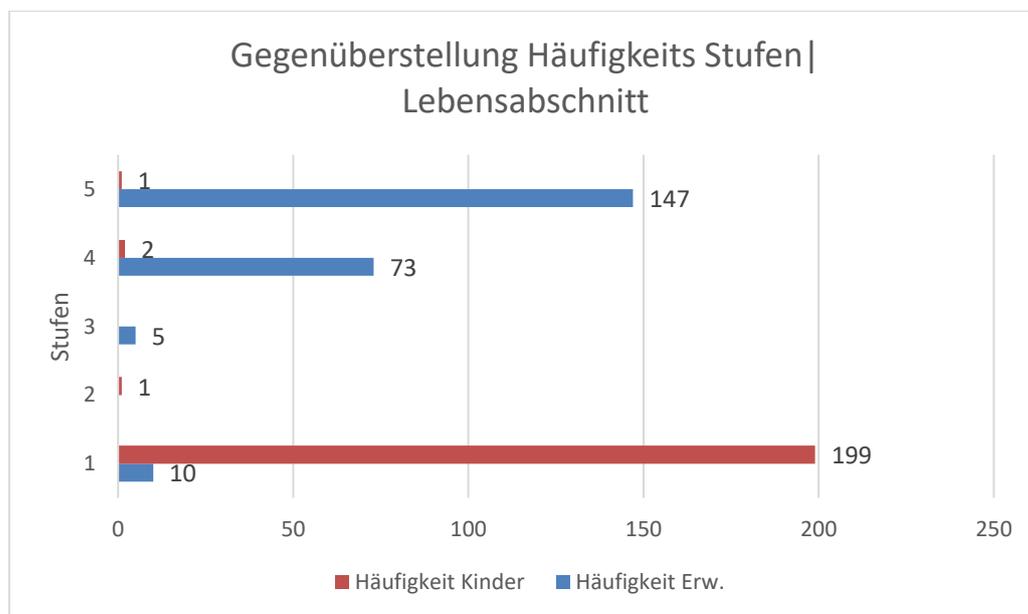


Abbildung 21: Gegenüberstellung Fortschritt der Verknöcherung Kinder und Erwachsene

Bei den mm zeigt sich in Abbildung 22 der Zustand der Verknöcherung im Fall von Erwachsenen noch deutlicher. In nur neun von 235 Fällen konnten Angaben von mm zwischen 0,5 und 3 mm gemacht werden.

Im Vergleich dazu gibt es bei den Präparaten von Kindern in 193 von 211 Fällen Angaben in mm. Diese bewegen sich zwischen mindestens 0,5 und 5 mm.

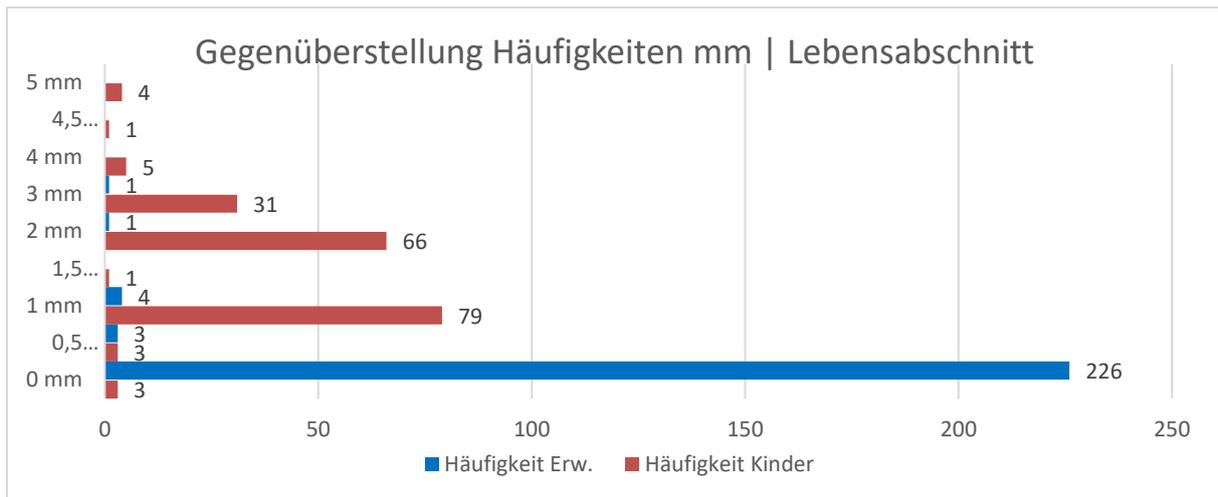


Abbildung 22: Gegenüberstellung Abstand der Knochenkanten Kinder und Erwachsene

Beide Grafiken zeigen ein ähnliches Bild.

5.4 Inferenzstatistische Auswertung

In weiterer Folge wurde überprüft, ob sich Erwachsene und Kinder in Bezug auf die gemessenen Merkmale Fortschritt der Verknöcherung sowie Abstand der Knochenkanten unterscheiden. Dazu wurde in einem ersten Schritt die Normalverteilung der Variablen mittels Schiefe ($Z_{mm, Schiefe}=1,28$, $Z_{Abstand, Schiefe}=0,03$) und Kurtosis ($Z_{mm, Kurtosis}=1,12$, $Z_{Abstand, Kurtosis}=-1,89$) geprüft. Da Schiefe und Kurtosis für die Knochenabstände größer als der Betrag von 1 sind, kann für die Variable Abstand der Knochenkanten keine Normalverteilung angenommen werden. Bei der Variable Fortschritt der Verknöcherung handelt es sich um ein ordinal skaliertes Merkmal. Aus diesem Grund wurde für beide Merkmale ein Mann-Whitney-U-Test für die Überprüfung der Hypothese gewählt. Für beide Merkmale zeigt der Test ein signifikantes Ergebnis ($p_{Abstand}<.01$, $p_{Fortschritt}=0.00$). Die Nullhypothese wird daher abgelehnt. Das Signifikanzniveau zeigt, dass sich die Gruppen Erwachsene und Kinder in Bezug auf die Stufen und den Abstand in mm deutlich unterscheiden. Kinder haben einen signifikant niedrigeren Grad der Verknöcherung (Kinder: $Median_{Fortschritt}=1$, $Median_{Abstand}=2$) sowie einen größeren Abstand der Knochenkanten als Erwachsene (Erwachsene: $Median_{Fortschritt}=5$, $Median_{Abstand}=0$). Somit gibt es einen Zusammenhang zwischen Alter und Verschlussgrad.

Ersichtlich werden diese Werte in folgenden Tabellen: 20, 21, 22 und 23.

Tabelle 20: Inferenzstatistische Auswertung allgemein

		Alter	Geschlecht	Stufe	mm	Condylen	Lebensabschnitt
n	Gültig	446	346	438	422	446	446
	Fehlend	0	100	8	24	0	0
Mittelwert		22,5250	1,72	2,89	,858	,40	,5269
Median		20,0000	2,00	4,00	,000	,00	1,0000
Modus		,00	2	1	,0	0	1,00
Std.-Abweichung		21,58504	,450	1,852	1,1246	,642	,49984
Schiefe		,688	-,982	,029	1,278	1,348	-,108
Kurtosis		-,482	-1,041	-1,894	1,120	,601	-1,997

Auswertung Kinder:

Tabelle 21: Mann-Whitney-U-Test Kinder

		Stufe	mm
n	Gültig	203	193
	Fehlend	8	18
Mittelwert		1,05	1,821
Median		1,00	2,000
Modus		1	1,0
Std.-Abweichung		,413	,9818

Auswertung Erwachsene:

Tabelle 22: Mann-Whitney-U-Test Erwachsene

		Stufe	Mm
n	Gültig	235	229
	Fehlend	0	6
Mittelwert		4,48	,046
Median		5,00	,000
Modus		5	,0
Std.-Abweichung		,898	,2752

Tabelle 23: Hypothesentestübersicht Mann-Whitney-U-Test (zur 3. Forschungsfrage)

	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Es gibt keinen Zusammenhang zwischen Alter und Verschlussgrad (Stufen).	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,000	Nullhypothese ablehnen
2	Es gibt keinen Zusammenhang zwischen Alter und Verschlussgrad (mm).	Mann-Whitney-U-Test bei unabhängigen Stichproben	,000	Nullhypothese ablehnen

Asymptomatische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau 05.

In einem letzten Schritt wurden die Korrelationen zwischen Alter und Fortschritt der Verknöcherung (Stufen) bzw. Abstand der Knochenkanten (in mm) berechnet (siehe Tabelle 24 und Abbildungen 24 und 25). Nachdem die Normalverteilung für die Merkmale Fortschritt der Verknöcherung und Abstand nicht angenommen werden kann, wurden Spearman-Rangkorrelationen anstelle von Pearson-Korrelationen berechnet.

Es zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Fortschritt der Verknöcherung von $r=.82^{**}$. Je älter der untersuchte Schädel, desto weiter ist die Ossifikation fortgeschritten. Für den Abstand zeigt sich ein negativer Zusammenhang von $r=-.76^{**}$. Daraus lässt sich schließen: Je älter jemand ist, desto geringer ist der Abstand der Knochenkanten.

Tabelle 24: Spearman-Rangkorrelation

Korrelationen			Alter	Stufe	mm
Spearman-Rho	Alter	Korrelationskoeffizient	1,000	,821**	-,758**
		Sig. (2-seitig)	.	,000	,000
		N	446	438	422
	Stufe	Korrelationskoeffizient	,821**	1,000	-,886**
		Sig. (2-seitig)	,000	.	,000
		N	438	438	422
	mm	Korrelationskoeffizient	-,758**	-,886**	1,000
		Sig. (2-seitig)	,000	,000	.
		N	422	422	422

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Das Streupunktendiagramm zeigt: Je höher das Alter des Individuums, desto höher der Fortschritt der Verknöcherung.

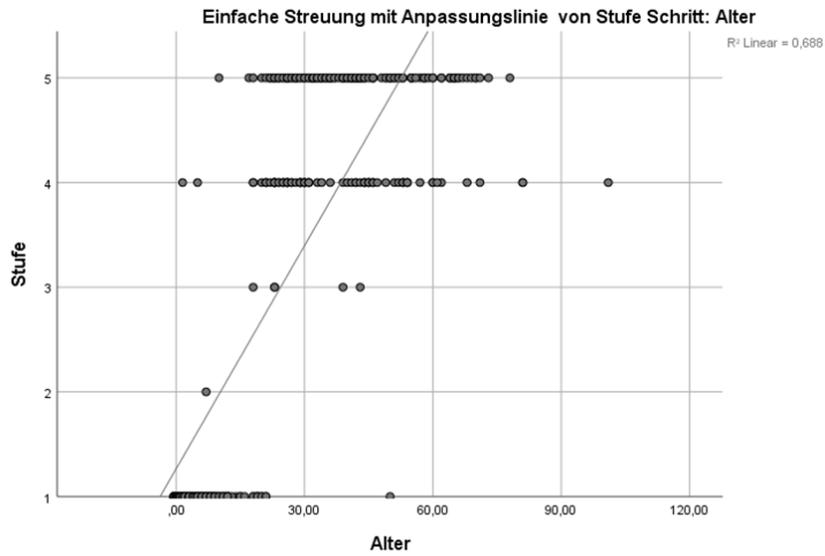


Abbildung 23: Streupunktendiagramm Fortschritt der Verknöcherung und Alter

Die folgende Abbildung zeigt: Je älter der Mensch, desto geringer der Abstand.

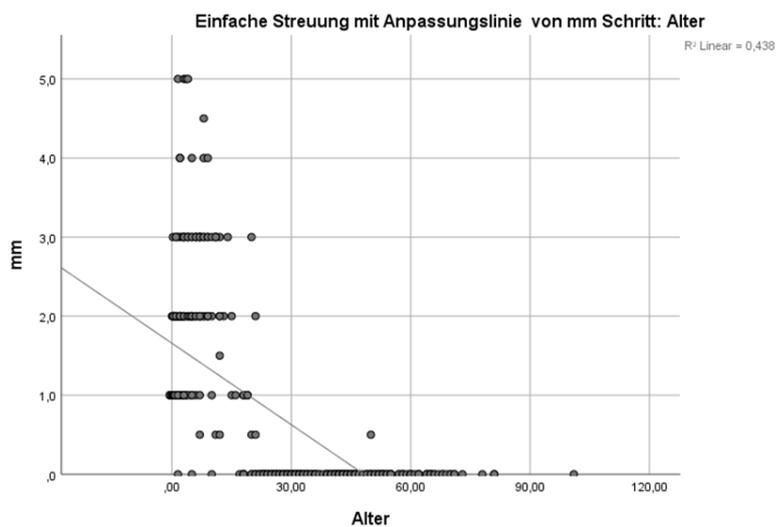


Abbildung 24: Streupunktendiagramm Abstand der Knochenkanten und Alter

6 Diskussion

Nachfolgend werden Methodik, Ergebnisse wie auch die Relevanz für die Osteopathie diskutiert.

6.1 Diskussion der Methodik

Das primäre Anliegen der Studie war, herauszufinden, ob die SSB im Laufe des Lebens verknöchert oder nicht.

Dafür wurde im Vorfeld eine Altersgrenze definiert, um klar zwischen Kindern und Erwachsenen zu unterscheiden. Laut Tait und Gaisser (2017) liegt diese Altersgrenze beim 17. LJ. Ein weiterer Grund, der die Wahl dieses Alters unterstützt hat, ist, dass in einigen Studien die SSB mit dem 17. LJ als verschlossen angegeben wird (Madeline & Elster, 1995; Melsen, Time and mode of closure of the sphenoccipital determination on human autopsy material, 1972). In Bezug auf die Ossifikation der SSB wurden zwar auch andere Altersangaben gefunden, beispielsweise das 16. LJ und jünger (Meneses, Laude, & Casero, 1994; Nakamura, et al., 1999; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996; Powell & Brodie, 1963) bzw. ab dem 18. LJ (Irwin, 1960). Aufgrund der Angaben von Tait & Geisser (2017) wurde für diese Studie das 17. LJ als geeignete Altersgrenze gewählt. Betrachtet man die Kreuztabelle zum Fortschritt der Verknöcherung (Tabelle 4), gibt es bis zum 17. LJ nur zwei Fälle, in denen die Ossifikation mit Stufe 4 beurteilt wurde, mit Stufe 5 wurde überhaupt nur ein Fall beurteilt, bei insgesamt 203 Präparaten.

Zur Stichprobengröße ist anzumerken, dass insgesamt 620 vorhandene Schädel gemessen wurden. Davon verwertbar waren insgesamt nur 446, da die Angaben zu Alter und Geschlecht aus organisatorischen und datenschutzrelevanten Gründen erst nach der Messung ausgegeben werden konnten. Altersangaben gab es zu 446 Schädelpräparaten. In 346 Fällen waren die Daten zum Geschlecht vorhanden. Ein Vorteil der späteren Datenausgabe war, dass die Testerin dadurch unvoreingenommen war, ob es sich noch um einen Kinder- oder schon um einen Erwachsenenschädel handelte. Die Möglichkeit einer professionellen Alters- und Geschlechtsbestimmung gab es nicht.

Im Vorfeld wurde auch überlegt, dieselbe Untersuchung an Nasspräparaten durchzuführen. Dies war aus organisatorischen Gründen nicht möglich.

Bei den Vorbereitungen mit Dr. Sammer entstand nach Konzeptbewilligung noch die Idee, die Position der Occiputcondylen zu observieren, da es für Behandlungen des Atlantooccipitalgelenkes und auch für die Feststellung von Dysfunktionen im Bereich der SSB von Bedeutung sein kann. Dafür wurde aus zeitlichen Gründen kein standardisiertes Verfahren

gewählt. Daher ist die Aussagekraft dieser Werte kritisch zu sehen und muss aus diesem Grund in Frage gestellt werden.

Auch dieser Punkt wäre ein mögliches Thema für Folgearbeiten, wenn man sich näher mit den beschriebenen SSB-Dysfunktionen bzw. Schädelasymmetrien oder Plagiocephalien beschäftigen möchte.

Für die Beurteilung des Fortschrittes der Verknöcherung der SSB wurde das 5-Stufen-Modell von Bassed et al. gewählt (Bassed, Briggs, & Drummer, 2010). Grundsätzlich war die Einstufung damit sehr einfach und die Präparate in den Stufen 1, 4 und 5 gut beurteilbar. Schwieriger waren die Bewertung sowie die Unterscheidung der Stufen 2 und 3, weshalb für eine genauere Beurteilung eine weitere Messmethode für den Zeitraum der fortschreitenden Ossifikation gut gewesen wäre.

Die Messung der mm mit der Schiebelehre hat einwandfrei funktioniert.

Die Unterteilung in Lebensabschnitte war für die Berechnung sehr wichtig. Diese waren: Ungeboren (unverschlossen); null bis sieben Jahre (unverschlossen); acht bis 16 Jahre (Beginn des Verschlusses der SSB); 17 bis 19 Jahre (frühestens geschlossen); älter als 20 Jahre (sicher verschlossen).

Dabei muss angemerkt werden, dass bei der Einteilung der Altersgrenzen vor allem die Angaben bezüglich des Fortschritts der Verknöcherung der genannten Studien berücksichtigt wurden. Nachdem Tait (2017) das 17. LJ als Altersgrenze definiert hat, wäre es im Sinne der Altersgrenzen auch möglich gewesen, die Einteilung mit acht bis 17 Jahre und 18 bis 19 Jahre zu bestimmen. Da die Stichproben in diesen beiden Gruppen mit 30 und zehn Körperspenden im Vergleich zu den restlichen Altersgruppen aber sehr gering waren, ist die Bedeutung dieser Grenze für die Beantwortung der Fragestellung nicht so relevant. Nichtsdestotrotz untermauern die Ergebnisse die Resultate aus der angeführten Literatur.

In einem ersten Schritt wurden die Daten ohne die Bestimmung von Altersgruppen berechnet und waren nicht gut verwertbar. Daher wurden die Rohdaten noch einmal mithilfe der Altersstufen überarbeitet und neu berechnet. Dieser Schritt war wichtig, um den Fortschritt der Verknöcherung bezogen auf das Alter besser einordnen und vergleichen zu können. Weiteres zu diesem Aspekt wird in der Diskussion der Ergebnisse vorgestellt.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

Grundsätzlich ist die Stichprobenanzahl mit 620 vorhandenen Präparaten ausreichend groß und kann auch noch mit 211 Kinderschädeln und 235 Erwachsenenschädeln ($n=446$) als solche gesehen werden, wenn man nur die Daten derer verwertet, bei denen das Alter bekannt

war. Vergleicht man die Altersstufen miteinander fällt auf, dass es in den Gruppen bezüglich der Anzahl an Präparaten größere Unterschiede gibt. Im ersten definierten Lebensabschnitt „Ungeboren“ finden sich ein männlicher und sieben Schädel mit unbekanntem Geschlecht ($n=8$). Da bekannt ist, dass in diesem Stadium der Schädel, und somit auch die knorpelig angelegte Schädelbasis, aber noch mitten in seiner Entwicklung steckt (Carreiro J. E., 2011, S. 72 ff; Rohen & Lütjen -Drecoll, 2017 (5.Auflage), S. 123), kann die geringe Stichprobengröße für diesen Lebensabschnitt mit den Ergebnissen Stufe 1 bzw. nicht beurteilbar, weil knorpelig verknöchert, trotz der geringen Stichprobenanzahl als Bestätigung gesehen werden.

In der folgenden Altersstufe null bis sieben Jahre ist die Stichprobengröße mit $n=101$, bei denen das Geschlecht bekannt war, mehr als ausreichend bzw. $n=166$, wenn man auch die 65 Präparate mit unbekanntem Geschlecht berücksichtigt. Auch in diesem Lebensabschnitt werden mit 98,2% ($n=166$) fast alle Präparate mit der Stufe 1 beurteilt. Nur zwei werden mit Stufe 4, also als verknöchert, eingestuft. Diese beiden Präparate waren männlich. Grundsätzlich bestätigt auch dieses Ergebnis die in anderen Studien publizierten Erkenntnisse - nämlich, dass die Schließung der SSB nicht vor dem achten Lebensjahr beginnt (Can, 2014; Ericson & Myberg, 1973; Ingervall & Thilander, 1972; Irwin, 1960; Madeline & Elster, 1995; Melsen, Time and mode of closure of the sphenoccipital determination on human autopsy material, 1972; Meneses, Laude, & Casero, 1994; Nakamura, et al., 1999; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996; Powell & Brodie, 1963). Tendenziell wird in der Literatur angegeben, dass die SSB bei Frauen etwas früher zu ossifizieren beginnt als bei Männern. Laut Ingervall und Thilander beispielsweise ab dem 13. LJ bei jungen Frauen, ab dem 16. LJ bei jungen Männern (Ingervall & Thilander, 1972). Melsen (1972) gibt das 12. LJ bei Mädchen und das 13. LJ bei Buben an. Thilander und Ingervall (1973) korrigierten im Jahr 1973 die Angaben bezüglich des Geschlechtes auf das zwölfte bei weiblichen und auf das 14. LJ bei männlichen Jugendlichen. In diesem Punkt widerspricht das Ergebnis der vorliegenden Arbeit den angeführten Studien, denn die einzigen beiden Schädelpräparate dieser Altersklasse, die im Bereich der SSB nicht als unverschlossen eingestuft wurden, stammen von Buben. Da es sich allerdings um nur zwei Körperspenden handelt, ist dieses Ergebnis vernachlässigbar.

Die Ergebnisse der ersten beiden Altersgruppen bestätigen die Alternativhypothese für kindliche Schädelpräparate, dass die SSB bei Kindern nicht vollständig verschlossen und somit makroskopisch sichtbar bzw. offen ist.

In der Altersstufe acht bis 16. LJ wird die Stichprobengröße mit insgesamt nur 30 vorhandenen Körperspenden wieder kleiner. Zwölf stammen von Mädchen und elf von Buben, bei sieben war das Geschlecht nicht bekannt. Hier befinden sich von $n=30$ 96,7% noch in Stufe 1, die SSB ist offen und unverschlossen. Nur ein einziger Schädel wurde als vollständig

ossifiziert eingestuft, welcher von einem Mädchen stammt. Dies kann die bereits oben beschriebenen Ergebnisse anderer Untersuchungen, wonach die SSB bei weiblichen Individuen früher schließt, bestätigen (Ericson & Myberg, 1973; Ingervall & Thilander, 1972; Irwin, 1960; Madeline & Elster, 1995).

Die Stichprobe für die Altersgruppe 17. bis 19. LJ ist mit $n=10$ besonders klein. Ein einziges mit Stufe 5 bewertetes Schädelpräparat stammt von einer jungen Frau, acht von jungen Männern, wovon nur zwei mit Stufe 4, nur eines mit Stufe 3 und die restlichen fünf mit Stufe 1 beurteilt wurden. Der eine Schädel mit unbekanntem Geschlecht wurde mit Stufe 5 bewertet. Grundsätzlich wird auch mit diesem Ergebnis bestätigt, dass die SSB bei jungen Männern etwas später verknöchert als bei Frauen, jedoch ist die Stichprobe gerade in den beiden letzten beschriebenen Altersgruppen besonders gering. Genau in diesem Zeitraum findet laut den bereits genannten Quellen (Ericson & Myberg, 1973; Ingervall & Thilander, 1972; Irwin, 1960; Madeline & Elster, 1995; Melsen, Time and mode of closure of the sphenoccipital determination on human autopsy material, 1972; Meneses, Laude, & Casero, 1994; Nakamura, et al., 1999; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996; Powell & Brodie, 1963; Thilander & Ingervall, 1973) offensichtlich der Umbau der SSB statt. Genaue Angaben zum Zeitpunkt der Ossifikation im Jugendalter können deshalb nicht gemacht werden, auch nicht geschlechtsunabhängig.

Betrachtet man die letzte Altersgruppe ab dem 20. LJ, ist die Stichprobe mit 225 vorhandenen Präparaten die absolut größte. $n=32$ stammen von Frauen, $n=180$ von Männern. Bei den restlichen 13 Präparaten war das Geschlecht unbekannt. In den meisten Fällen wird die SSB mit 64,4% als vollständig ossifiziert eingestuft, bei 31,6% wird mit Stufe 4 bewertet. Diese Werte bestätigen die Nullhypothese für Erwachsene eindeutig. Vier männliche Präparate (1,8% von $n=225$) wurden mit Stufe 3 bewertet. Bei nur 2,2% wird die SSB als unverschlossen beurteilt, bei drei dieser insgesamt fünf Schädelpräparaten ist bekannt, dass es sich um männliche handelt. Bei den vorhandenen weiblichen Schädeln wurde jedoch kein einziger als offen und unverschlossen eingestuft, was wiederum die Ergebnisse der genannten Studien bestätigt, wonach die SSB bei Frauen tendenziell früher verknöchert (Ericson & Myberg, 1973; Ingervall & Thilander, 1972; Irwin, 1960; Madeline & Elster, 1995).

Zur Verteilung der Stufen ist vor allem zu den Stufen 2 und 3 Folgendes anzumerken: Diese Stufen repräsentieren, wie im Laufe dieses Abschnittes beschrieben, den Beginn und den Fortschritt des Umbaus der SSB. Bei der Verteilung der Stufen fällt auf, dass nur eine geringe Anzahl an Präparaten mit diesen Stufen bewertet wurde. Dies kann an der Stichprobengröße in den Altersgruppen acht bis 16. und 17. bis 19. LJ liegen. Die Schließung beginnt laut Madeline & Elster (1995) und Okamoto et al. (1996) ab dem achten LJ, andere Studien geben das zehnte bis 13. LJ (Irwin, 1960), bei jungen Frauen das zwölfte bis 15. LJ an, bei jungen

Männern das 13. bis 19. LJ (Melsen, Time and mode of closure of the sphenoccipital determination on human autopsy material, 1972) bzw. bei Mädchen das 13., bei Buben das 16. LJ (Ingervall & Thilander, 1972). Weiters finden sich Angaben zum Beginn der Schließung mit dem 9. (Meneses, Laude, & Casero, 1994), dem 10. (Powell & Brodie, 1963) sowie dem 11. LJ (Nakamura, et al., 1999). Eine weitere Studie von Thilander mit Ingervall (1973) gibt bei Mädchen das 12. und bei Buben das 14. LJ an.

Zur sicheren Schließung gibt es genauso unterschiedliche Angaben wie zum Beginn der Ossifikation. Die SSB ist laut einer Studie von Ericson und Myberg (1973) nicht vor dem achten LJ vollständig geschlossen. Okomoto et al. (1996) geben an, dass die SSB mit dem 13. LJ bei beiden Geschlechtern komplett durchbaut ist, Nakamura (1996) mit dem 14., Powell & Brodie (1963) ab dem 15., Meneses et al. (1994) ab dem 16., Can (2014) ab dem 17. und Melsen (1972) gibt bei Frauen das 17. und bei Männern das 19. LJ an. Thilander und Ingervall (1973) machen dazu keine Aussage.

Wenn man mit diesen Angaben davon ausgeht, dass sich die SSB im Zeitraum vom achten bis zum spätestens 19. LJ schließt, kann man annehmen, dass die Stufen 2 und 3 vor allem in dieser Altersspanne zu finden sind. In diesen Altersklassen (achtes bis 19. LJ) finden sich insgesamt nur 40 Präparate, weshalb die Verteilung in beiden Stufen so gering ist. Zur genaueren Beurteilung des gesamten Prozesses der Ossifikation wäre eine größere Stichprobenanzahl im Alter von acht bis 19 Jahren wünschenswert.

Bei acht der 446 Körperspenden konnte keine Stufe festgelegt werden. Während der Durchführung der Messung wurden alle Präparate, die offensichtlich beschädigt waren, nicht miteinbezogen. Bei diesen acht war diese jedoch nicht sofort sichtbar, weshalb sie in der Statistik aufscheinen. Die Altersspanne dieser acht Präparate war zwischen zwei und sieben Jahren. In dieser Altersgruppe war, wie eingangs erwähnt, die Stichprobe mit $n=166$ besonders groß. Da die Anzahl der beschädigten Präparate in Bezug zur Stichprobengröße insgesamt jedoch sehr gering war, wurden diese Präparate nur für den Parameter Position der Occiputcondylen bei der statistischen Auswertung berücksichtigt. Nachdem davon ausgegangen werden kann, dass die SSB in diesem Alter unverschlossen ist (Ericson & Myberg, 1973; Ingervall & Thilander, 1972; Irwin, 1960; Madeline & Elster, 1995; Melsen, Time and mode of closure of the sphenoccipital determination on human autopsy material, 1972; Meneses, Laude, & Casero, 1994; Nakamura, et al., 1999; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996; Powell & Brodie, 1963; Thilander & Ingervall, 1973), ist es sehr wahrscheinlich, dass auch diese acht Körperspenden vor der Beschädigung noch nicht ossifiziert waren.

Zur Abstandsmessung in mm muss erwähnt werden, dass in einigen Fällen zwar die Einstufung als unverschlossen möglich war, eine Messung des Abstandes in mm zwischen Os occipitale und Os sphenoidale jedoch nicht. Auch hier stellt sich die Frage, ob man diese Körperspenden aus der Berechnung hätte nehmen können. Die Entscheidung ist deshalb für den Einbezug ausgefallen, da es sich hier in zehn Fällen um sehr junge Körperspenden, im Alter von ungeboren bis zum ersten LJ, handelt (laufende Nummern: 228, 443, 461, 479, 483, 543, 548, 618, 619, 620). Bei diesen Präparaten war die Schädelbasis teilweise noch sehr unreif, also zu einem großen Teil bestehend aus Knorpeln, weshalb entschieden wurde, diese in die Berechnung mit einzubeziehen, da die Bewertung mit Stufe 1 eindeutig möglich war. In den anderen Fällen handelt es sich um Körperspenden von unter Siebenjährigen. Da die Stichprobe in dieser Altersspanne groß und die Einstufung mit offen und unverschlossen eindeutig war, wurde entschieden, auch diese in die Berechnung miteinzubeziehen. Nur ein Schädelpräparat stammte von einem 19-jährigen Mann. Da die Beurteilung mit Stufe 1 eindeutig möglich war und es sich hier um einen Erwachsenen handelt, wurde auch dieser Fall miteinbezogen.

Abschließend ist zu sagen, dass für eine Beantwortung der Fragestellung die „mm“ nicht ausschlaggebend sind, weshalb die Relevanz für diese Arbeit sekundär ist. Für genaue Bestimmungen zum Fortschreiten der Verknöcherung wäre für die oben genannten Fälle eine genauere bzw. eventuell eine andere Messmethode notwendig.

Bezüglich der Ergebnisse der Position der Occiputcondylen ist, wie bereits im Diskussionspunkt Methodik angesprochen, die Messmethode infrage zu stellen. Hierzu sollten genaue Referenzpunkte und die Länge der Condylen definiert sowie die Lage im Bezug zur Schädelbasis berücksichtigt werden. Inwieweit sich die Ergebnisse bei einer genaueren Messmethode nochmals bestätigen lassen, ist fraglich.

Betrachtet man die Modelle zu den SSB-Dysfunktionen, kann es durchaus sein, dass die Position der Occiputcondylen eine Bestätigung für die Existenz dieser Dysfunktionen sowie für die Auswirkung dieser auf alle anderen Schädelknochen sein könnte (Liem, 2018 A, S. 444ff; Carreiro J. E., 2011, S. 163). Genauso könnten sie einen Aufschluss über kindliche Schädelverformungen geben. Grundsätzlich regenerieren sich diese sehr rasch nach der Geburt, wenn sie nur schwach ausgeprägt sind. Bei sehr massiven Deformationen, beispielsweise nach einer lange dauernden Geburt, können diese zu Gesichtasymmetrien führen und die Mobilität im Schädelbasisbereich stark beeinträchtigen (Carreiro J. E., 2011, S. 158).

Weiters werden Spannungsmuster im Bereich der Schädelbasis beschrieben, welche zu zahlreichen klinischen Symptomen führen können (Carreiro J. E., 2011, S. 162; Magoun H. I.,

1976 (3. Auflage); Sutherland, 1990; Upledger, 1978; Degenhardt & Kuchera, 1994). Eventuell kann die Position der Occiputcondylen, untersucht in einem Bezug zu den definierten SSB-Dysfunktionen, Aufschluss darüber geben.

Für Aussagen dazu reichen die Ergebnisse dieser Studie allein aufgrund der Methodik keinesfalls aus.

Betrachtet man die Ergebnisse der Parameter in Bezug auf alle unter 17-Jährigen (also Kinder) isoliert, wird deutlich, dass die SSB bei Kindern unverschlossen ist und hier ein gewisses Maß an Mobilität angenommen werden darf, wodurch die Berechtigung der beschriebenen osteopathischen Modelle durchaus bestärkt wird. Wie bereits erwähnt, ist die Stichprobe in dem für den Fortschritt der Verknöcherung ausschlaggebenden Alter (acht bis 19 Jahre) verglichen mit den definierten Altersgruppen null bis sieben Jahre und ab dem 20. LJ mit $n=40$ gering.

Bei der Abstandsmessung in mm wird bei der vorliegenden Untersuchung in Bezug auf die Schädelgröße kein Unterschied gemacht. Somit ist die Bedeutung von „einem mm“ bei einem Schädel eines Kleinkindes, verglichen mit dem eines Jugendlichen, enorm, denn im Verhältnis lässt „ein mm“ bei einem kleinen Schädeldurchmesser mehr Mobilität zu als bei einem großen.

Während bei allen Kindern annähernd gleich viele weibliche und männliche Körperspenden vorhanden waren, verhält es sich bei den Erwachsenen anders. Hier waren mit 80% deutlich mehr Schädelpräparate von Männern vorhanden.

Die erste Forschungsfrage „Wie ist der Zustand der SSB bei erwachsenen knöchernen Schädelpräparaten?“ kann eindeutig beantwortet werden. In nur zehn von 235 Fällen wird die SSB als offen eingestuft. Ein Unterschied zwischen den Geschlechtern muss nicht zwingend gemacht werden, nachdem auch in den bereits vorgestellten Studien die SSB im Erwachsenenalter (also ab 17 Jahren) als vollständig verschlossen gilt (Ericson & Myberg, 1973; Ingervall & Thilander, 1972; Irwin, 1960; Madeline & Elster, 1995; Melsen, Time and mode of closure of the sphenoccipital determination on human autopsy material, 1972; Melsen, Time Of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on dry skulls a radiographic craniometric study, 1968; Meneses, Laude, & Casero, 1994; Nakamura, et al., 1999; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996; Powell & Brodie, 1963).

Abschließend kann zu den Ergebnissen gesagt werden, dass sich die Gruppen der Kinder deutlich von jenen der Erwachsenen unterscheiden. Das Ergebnis ist signifikant am 0,1-Niveau. Die beiden ersten Forschungsfragen bezüglich des Zustandes der SSB bei Kindern und Erwachsenen können sicher beantwortet werden.

Auch die dritte Forschungsfrage „Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Verschlussgrad der SSB?“ wird klar beantwortet. Die Ergebnisse der Korrelationsberechnung bestätigen eindeutig, dass die SSB bei Kindern offen und unverschlossen ist und bei Erwachsenen vollständig knöchern durchbaut wird. Somit kann bezüglich dieser Fragestellung die Alternativhypothese „Es gibt einen Zusammenhang zwischen Alter und Verschlussgrad der SSB“ angenommen werden. Was aufgrund der Verteilung der Stichprobenanzahl in den Altersgruppen in dieser Untersuchung nicht möglich war, ist eine genaue Bestimmung des Fortschritts der Ossifikation. Dafür wären mehr Körperspenden im Alter zwischen acht und 19 Jahren notwendig.

6.3 Diskussion Relevanz für die Osteopathie

Das Ergebnis, dass kindliche Schädel im Bereich der SSB offen und unverschlossen sind und die der Erwachsenen vollständig ossifiziert, ist für eine kraniale osteopathische Behandlung durchaus relevant.

Besonders bei der Behandlung von Neugeborenen und Kleinkindern sind Kenntnisse zur Schädelentwicklung besonders wichtig, da sich der kindliche Schädel vor allem in den ersten sechs Lebensjahren stark verändert (Carreiro J. E., 2011, S. 86; Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012, S. 284; Talmant, 1995). Die vorliegende Arbeit hat sich nur mit der SSB, also mit einer einzigen Struktur des Schädels eingehend befasst. Um mehr Aussagen zur Behandlung treffen zu können, wäre es daher notwendig, auch auf andere Strukturen Bezug zu nehmen und diese gezielt zu untersuchen.

Für Behandlungen der SSB im Kleinkindalter hat das Ergebnis trotzdem eine hohe Relevanz, denn es zeigt deutlich auf, dass es in diesem Bereich bereits in jungen Jahren zu großen Veränderungen kommt. Als wichtiges Wachstumszentrum findet die SSB in der Osteopathie einen großen Stellenwert (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012, S. 35). Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, wie empfindlich der Bereich der Schädelbasis und der SSB sind – bei den jüngsten Körperspenden wird deutlich, dass nicht nur die SSB, sondern die gesamte Schädelbasis zu einem erheblichen Teil aus Knorpeln besteht.

Bei Kindern ist es durchaus denkbar, dass die folgenden Angaben aus der Literatur aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit gültig sind.

Aufgrund des Zustandes der SSB und auch des restlichen Schädels bei Kindern, besonders bei Neugeborenen und Kleinkindern, ist es möglich, dass der PRM tatsächlich in der beschriebenen Form spürbar ist (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012, S. 441; Pfitzer, 2019, S. 14 & 20; Nelson K. E., 2002).

Osteopathische Studien zeigen auf, welchen Einfluss Dysfunktionen der SSB in der kindlichen Entwicklung und somit in lebensnotwendigen Funktionen, beispielsweise bei der Nahrungsaufnahme bzw. der orofacialen Muskulatur, haben können (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012 , S. 269 & 284ff; Carreiro J. E., 2011; Magoun H. , 1994; Chancholle, 1980).

Von großer Bedeutung ist die SSB auch in einem weiteren Themenfeld, der Entwicklung der Bisslage (Müller, 1959). Bezüglich dieser ist in der Osteopathie die Regulation von Dysfunktionen der Synchronrose sehr wichtig (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012 , S. 568). Das Sphenoid drückt den Oberrand des Vomers nach caudal und posterior, wodurch sich in Folge der Gaumen absenkt. In dieser Theorie wird das kranio-mandibuläre System maßgeblich von der SSB beeinflusst (Ridder, 2014, S. 25). Auch dafür ist es essenziell, über den Zustand der Schädelbasis und der SSB Bescheid zu wissen.

Auch in der Entwicklung des Sehapparates spielt die SSB in der Osteopathie eine große Rolle (Packard, 1940; Ruddy, 1942; Carreiro J. , 2004, S. 173ff). In weiterer Folge findet man auch eine Bedeutung für das Gleichgewichts- und Hörsystem und somit für die Sprachentwicklung (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012 , S. 823; Degenhardt & Kuchera, 2006; Pintal & Kurtz, 1989).

Zuletzt ist es wichtig, die Relevanz der SSB für den Hypothalamus und die Hypophyse anzusprechen. Dysfunktionen der SSB können die Funktion dieser beiden wichtigen Strukturen beeinflussen (Liem, Schleuper, Altmeyer, & Zweedijk, 2012 , S. 701).

Abschließend ist anzumerken, dass die SSB in der Untersuchung und Behandlung von Kindern eine sehr zentrale Rolle spielt und die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit diese untermauern. In dem Zusammenhang wäre es jedoch wichtig, weitere Strukturen wie beispielsweise die Entwicklung der Suturen zu untersuchen.

Bezüglich des Zustands der SSB bei Erwachsenen geht aus den Ergebnissen eindeutig hervor, dass die Synchronrose vollständig knöchern durchbaut ist. In einem Teil der Präparate war die Naht noch sichtbar (Stufe 4), nur in wenigen Einzelfällen (10 von 235) wurde die SSB als nicht ossifiziert bewertet. Somit kann man davon ausgehen, dass in diesem Bereich bei Erwachsenen keine Mobilität möglich ist. Aus diesem Grund ist es zwar möglich, dass die beschriebenen Modelle bezüglich des Einflusses der Synchronrose für Kinder gelten, allerdings gelten sie mit dem Ergebnis dieser Untersuchung nicht bei Erwachsenen.

Ein Einfluss auf andere Körpersysteme durch Behandlungen der Schädelbasis und der dazugehörigen Suturen ist denkbar. Dafür wäre es interessant, die Suturen genauer zu untersuchen, besonders die Sutura occipitomastoidea. Eine Pilotstudie zeigt, dass die

Behandlung dieser einen Einfluss auf Blutdruck und Puls hat (Nelson, Barnes, Stouch, & Kuchera, 2014). Mit der Information von Ridder, dass diese Suturen nicht vor dem 70. LJ verknöchern, wäre das ein Ansatz, um die Wirkungsweise kranialer Behandlungen bei Erwachsenen auf andere Körpersysteme, beispielsweise das kranio-mandibuläre System, die Hypophyse oder den Hypothalamus, in Verbindung zu bringen (Ridder, 2014).

Da außer der Position der Occiputcondylen keine andere Struktur bewertet wurde, kann auch keine Aussage zur Existenz der in der Literatur beschriebenen Dysfunktionen gemacht werden.

7 Conclusio

7.1 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollten drei Forschungsfragen geklärt werden:

Wie ist der Zustand der SSB bei erwachsenen, knöchernen Schädelpräparaten?

Wie ist der Zustand der SSB bei kindlichen, knöchernen Schädelpräparaten?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Verschlussgrad der SSB?

Als Kinderschädel wurden jene Präparate, welche von Personen unter dem 17. LJ stammen, bezeichnet (Tait & Geisser, 2017).

Dies wurde an allen vorhandenen trockenen, knöchernen Schädelpräparaten am Gottfried Schatz Research Center für Makroskopische und Klinische Anatomie der Medizinischen Universität in Graz untersucht. Beurteilt wurde die Synchondrose mit dem Fünf-Stufen-System von Basset et al. (Basset, Briggs, & Drummer, 2010). In den Stufen 1 und 2 ist die SSB noch offen und unverschlossen. In diesen Fällen wurde der Abstand der Knochenkanten des Os occipitale und des Os sphenoidale gemessen. Zusätzlich wurde mittels Observation die Position der Occiputcondylen festgestellt. Diese wurden mit symmetrisch, links ventral oder rechts ventral beurteilt.

Insgesamt wurden 620 Körperspenden untersucht, 446 davon konnten in der statistischen Auswertung berücksichtigt werden, bei den restlichen 174 war das Alter unbekannt, weshalb eine Zuteilung zu den Gruppen der Erwachsenen oder Kinder nicht möglich war.

Für eine bessere Berechnung und Interpretation der Ergebnisse wurden Altersgruppen definiert, da die Ossifikation laut vorheriger Studien besonders im Alter von acht bis 19 Jahren stattfindet (Ericson & Myberg, 1973; Can, 2014; Irwin, 1960; Madeline & Elster, 1995; Melsen, Time Of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on dry skulls a radiographic craniometric study, 1968; Melsen, Time and mode of closure of the sphenooccipital determination on human autopsy material, 1972; Meneses, Laude, & Casero, 1994; Nakamura, et al., 1999; Okamoto, Ito, Tokiguchi, & Furusawa, 1996; Powell & Brodie, 1963). Diese waren: Ungeboren (unverschlossen), null bis sieben Jahre (unverschlossen), acht bis 16 Jahre (Beginn des Verschlusses der SSB), 17 bis 19 Jahre (frühestens geschlossen), älter als 20 Jahre (sicher verschlossen).

Das jüngste Schädelpräparat stammt von einem ungeborenen Kind (davon gab es insgesamt sieben). Die älteste Körperspende stammt von einer 101-jährigen Person. Somit war die Altersspanne insgesamt sehr groß. In den beiden Altersgruppen acht bis 16 und 17 bis 19 Jahre waren insgesamt nur 40 Körperspenden vorhanden, was im Vergleich zur Gesamtzahl

wenig ist. Daher konnten zum Fortschreiten der Ossifikation keine genauen Aussagen gemacht werden.

Die Forschungsfragen konnten durch die vorliegende Studie beantwortet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Synchronrose bei Erwachsenen in 93,7% von insgesamt 235 Schädeln vollständig knöchern durchbaut, also ossifiziert ist.

Grundsätzlich kann bei Kindern gesagt werden, dass die Synchronrose offen und unverschlossen ist. In 199 von insgesamt 211 Fällen wurde die SSB mit der Stufe 1 (die Synchronrose ist offen und unverschlossen) bewertet.

Somit zeigen die Ergebnisse, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Verschlussgrad der SSB gibt.

Die Ergebnisse zu der Position der Occiputcondylen ergaben, dass diese in den meisten Fällen (bei $n=446$ in 68,4%) sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen symmetrisch sind.

7.2 Schlussfolgerung

Die eingangs gestellten Forschungsfragen konnten mit dieser Untersuchung beantwortet werden. Es gilt aber, darauf hinzuweisen, dass zum Fortschritt der Verknöcherung keine genaueren Angaben gemacht werden können. Dies gilt es, gesondert zu untersuchen. Außerdem wäre es von Bedeutung, mit klar definierten Referenzpunkten die Existenz der in osteopathischer Literatur definierten SSB-Dysfunktionen besonders bei Erwachsenen zu untersuchen.

Für die Osteopathie bedeutet das Ergebnis, dass der Schädel eines Kindes in sich noch sehr mobil ist und eine kraniale Behandlung, insbesondere die Behandlung der SSB und der Schädelbasis, vermutlich einen Einfluss auf die SSB und weiterlaufend auch auf andere Schädelknochen hat.

In der Behandlung von Erwachsenen ist es wichtig zu berücksichtigen, dass die SSB vollständig knöchern durchbaut ist. Somit kann in diesem Bereich keine Mobilität angenommen werden.

7.3 Ausblick

Wie sich in der vorliegenden Thesis gezeigt hat, wäre es interessant, in Folgestudien den Fortschritt der Verknöcherung mit einer kleineren Spannweite bezüglich des Alters zu untersuchen, um für Behandlungen genauer zu wissen, in-wie-weit kraniale Techniken im Jugendalter einen mechanischen Einfluss auf den Kopf haben können.

Ein weiterer wichtiger und interessanter Punkt für OsteopathInnen wäre, festzustellen, ob die in osteopathischer Literatur definierten SSB-Dysfunktionen in dieser Form tatsächlich existieren.

Da die Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die SSB bei Erwachsenen vollständig knöchern durchbaut ist, wäre es auch essenziell, Erklärungsmodelle für die Wirkungsweise kranialer Techniken zu finden. Eine Möglichkeit wäre, dies in Form einer Literaturrecherche zu ergründen, eine weitere wäre, andere Ossifikationszentren am Schädel genauer zu untersuchen.

LITERATURVERZEICHNIS

- Adem, C. (1999). The persistence of a spheno-occipital synchondrosis in an adult. *Journal deradiologie*, S. 863-865.
- Allen, R., & Neill, W. (1950). Cleaning mammal skeletons with meal worms. *Journal of Mammalogy*, S. 464. doi:<https://doi.org/10.1093/jmammal/31.4.464a>
- Banta, B. (1961). The use of moth larvae to prepare osteological specimens, with an annotated bibliography on the use of other arthropods of vertebrate skeletal preparation. *Wasmann Journal of Biology London*, S. 265-268.
- Bassed, R., Briggs, C., & Drummer, O. (Juli 2010). Analysis of time of closure of the spheno-occipital synchondrosis using computed tomography. *Forensic Science International*, S. 161-164.
- Benninghoff. (1999). *Anatomie, Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen. (15. Auflage)*. München: Urban&Schwarzenberg.
- Can, I. O. (2014). Forensic age estimation by spheno-occipital synchondrosis fusion degree. *Journal of Craniofacial surgery*, S. 1212-1216.
- Carreiro, J. (2004). *Pädiatrie aus osteopathischer Sicht*. München: Elsevier.
- Carreiro, J. E. (2011). *Osteopathie bei Kindern und Jugendlichen. (2. Auflage)*. München: Elsevier.
- Chancholle, A. (1980). Le voile du palais existe-t-il. Plaidoyer anatomique pour le vélopharynx. *Ann Chir. Plast.*, S. 5-14.
- Cloet, E., & Groß, B. (1999). *Osteopathie im kranialen Bereich*. Stuttgart: Hippokrates.
- Corts, M. (2016). *Diagnoseleitfaden Osteopathie. (2. Auflage)*. Stuttgart: Haug.
- Degenhardt, B., & Kuchera, M. (1994). The prevalence of cranial dysfunction in children with a history of otitis media from kindergarten to third grade. *Journal of the American Osteopathic Association*, S. 10.
- Degenhardt, B., & Kuchera, M. (2006). Osteopathic evaluation and manipulative treatment in reducing otitis media: a pilot study. *The Journal of the American Osteopathic Association*, S. 327-334.

- Di Ieva, A., Bruner, E., Haider, T., Rodella, L., Lee, J., Consimano, M., & Tschabitscher, M. (2014). Skull base embryology: a multidisciplinary review. *Childs Nervous System*, S. 991-1000.
- Dillon, E. (2018). Comparison of spheno-occipital synchondrosis closure, cervical vertebrae maturation and hand-wrist maturation as skeletal maturation indicators. *Master Thesis*. Minnesota.
- Drews, U. (1993). *Taschenatlas der Embryologie*. Stuttgart: Thieme.
- Ericson, S., & Myberg, N. (Oktober 1973). The morphology of the spheno-occipital synchondrosis at the age of eight evaluated by tomography. *Acta Morphol Neerl Scand.*, S. 197-208.
- Eser-Bindl, U. (April 2003). Sinus sphenoidalis und ethmoidalis. *DO - Deutsche Zeitschrift für Osteopathie*, S. 20.
- Feneis, H., & Dauber, W. (1998). *Anatomisches Bildwörterbuch der internationalen Nomenklatur*. Stuttgart: Thieme.
- Fernandez- Perez, M.; et al. (2016). Spheno-occipital synchondrosis fusion correlates with cervical vertebrae maturation. *PLOS One*, S. 1-11.
- Franklin, D., & Flavel, A. (2014). Brief Communication: Timing of spheno-occipital closure in modern western australians. *American Journal of physical anthropology*, S. 132-138.
- Green, H. L. (Dezember 1934). A rapid method of preparing clean bone specimens from fresh or fixed material. *The anatomical record*, S. 1-4. doi:<https://doi.org/10.1002/ar.1090610102>
- Hall, E. R., & Russell, W. C. (1933). Dermestid beetles as an aid in cleaning bones. *Journal of Mammalogy*, S. 372-374. doi:<https://doi.org/10.1093/jmammal/14.4.372>
- Henle, J. (1871). *Handbuch: Knochenlehre des Menschen (2. Auflage)*. Göttingen: Friedrich Vieweg&Sohn.
- Hoffmeister, D., & Lee, R. (1963). Cleaning Mammalian skulls with ammonium hydroxide. *Journal of Mammalogy*, S. 283-284. doi:<https://doi.org/10.2307/1377477>
- Hooper, E. (1950). Use Dermestid beetles instead of cooking pots. *Journal of Mammalogy*, S. 100-102. doi:<https://doi.org/10.1093/jmammal/31.1.100-a>

- Hudec, M. (Januar 1964). A new procedure for bleaching bones from ossuaries. *Cekoslovenska Morfologie*, S. 225-228.
- Ingervall, B., & Thilander, B. (Februar 1972). The human sphenoccipital synchondrosis I. The time of closure appraised macroscopically. *Acta Odontologica Scandinavica*, S. 346-349. von <http://dx.doi.org/10.3109/00016357209004602> abgerufen
- Irwin, G. L. (September 1960). Roentgen Determination of the Time of Closure of the Sphenoccipital Synchondrosis. *Radiology*, S. 450-453. doi:10.1148/75.3.450
- Kapandji, I. A. (1999). *Funktionelle Anatomie der Gelenke (3.Auflage)*. Stuttgart: Hippokrates.
- Köpf-Maier, P. (2000). *Wolf-Haideggers Atlas der Anatomie des Menschen*. Basel: Karger.
- Langer, W., & Hebgen, E. (2017). *Lehrbuch der Osteopathie (2. Auflage)*. Stuttgart: Haug.
- Liem, T. (1998). *Kraniosakrale Osteopathie. Ein praktisches Lehrbuch*. Stuttgart: Hippokrates.
- Liem, T. (2018 A). *Kraniosakrale Osteopathie. Ein praktisches Lehrbuch*. Stuttgart: Thieme.
- Liem, T. (2018 B). *Kraniosakrale Osteopathie: Checkliste*. Stuttgart: Haug.
- Liem, T. (2018 C). Review zur Bedeutung der Schädelbasis in der Osteopathie. *Osteopathische Medizin*, S. 8-15.
- Liem, T., Schleuper, A., Altmeyer, P., & Zweedijk, R. (2012). *Osteopathische Behandlung von Kindern (2. Auflage)*. Stuttgart: Haug.
- Lomholt, J. F., Fischer-Hansen, B., Keeling, J. W., Reintoft, I., & Kjaer, I. (2004). Subclassification of anencephalic human fetuses according to morphology of the posterior cranial fossa. *Pediatric and Developmental Pathology*, S. 601-606.
- Madeline, L. A., & Elster, A. D. (1995). Suture closure in the human chondrocranium: CT Assessment. *Radiology* (196 (3)), S. 747-756.
- Madeline, L., & Elster, A. (September 1995 B). Postnatal development of the central skull base: normal variants. *Radiology*, S. 757-763. doi:10.1148/radiology.196.3.7644640
- Magoun, H. (1994). *L'ostéopathie dans la sphère crânienne*. Montréal: Spirales.
- Magoun, H. I. (1976, 3. Auflage). *Osteopathy in the cranial field*. Kirksville, Missouri: Journal Printing Company.

- Mc Bratney-Owen, B., Iseki, S., Bamforth, S. D., Olsen, B. R., & Morris-Kay, G. M. (1.10.2008). Development and tissues origins of the mammalian cranial base. *Dev Biology*, S. 121-132.
- Meiler, M., & et al. (2002). *Bildbearbeitung für die Medizin 2002 - Algorithmen Systeme Anwendungen*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Melsen, B. (September 1968). Time of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on dry skulls a radiographic craniometric study. *Acta Odontologica Scandinavica*, S. 73-90. doi:10.3109/00016356909033580
- Melsen, B. (1972). Time and mode of closure of the sphenooccipital determination on human autopsy material. *Acta Anat(83)*, S. 112-118. doi:10.1159/000143852
- Meneses, M., Laude, M., & Casero, L. (Juni 1994). L'age de fermeture de la jonction sphéno-occipitale du clivus. Determination par I.R.M. *Bulletin de l'Association des Anatomistes*, S. 27-29.
- Mitterlehner, T. (2010). Intertester Reliabilität von Palpationsbefunden von Dysfunktionen der Synchondrosis Sphenobasilaris . *Master Thesis* . Krems: Donau Uni Krems.
- Müller, G. (1959). Erkennen und Darstellen des Wachstums an der Synchondrosis spheno-occipitalis nach Fernröntgenaufnahmen. *Journal of Orofacial Orthopedics*, S. 80-86.
- Nakamura, Y., Noda, K., Kuwahara, Y., Minyeong, L., Tanaka, S., Kawasaki, K., & Kobayashi, K. (Februar 1999). Magnetic resonance images and histology of the spheno-occipital synchondrosis in young monkeys (*Macaca fuscata*). *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*, S. 138-142. doi: 10.1016/S0889-5406(99)70340-9
- Nelson, J. H., Barnes, P. L., Stouch, B., & Kuchera, M. L. (2014). Pilot study comparing 2 variations of occipitomastoid suture (OMS) release and their effects on blood pressure and pulse rate in prehypertensive and hypertensive individuals compared with normotensive controls. *The Journal of the American Osteopathic Association*, S. 2.
- Nelson, K. E. (2002). The primary respiratory mechanism. *The American Association of Osteopathy Journal*, S. 25-34.
- Netter, F. (2011). *Atlas der Anatomie*. München: Elsevier.
- Okamoto, K., Ito, J., Tokiguchi, S., & Furusawa, T. (17.1.1996). High-resolution CT findings in the development of the sphenooccipital synchondrosis. *American Journal of Neuroradiology*, S. 117-120.

- Packard, R. (1940). Ophthalmology: some significant eye signs: ocular reactions often help in the diagnosis of conditions etiologically remote. *The osteopathic Profession*, S. 48.
- Pfitzer, T. (2019). *Kiefer gut, alles gut*. München: riva.
- Piechocki, R. (1986). *Makroskopische Präparationstechnik (4. Auflage)*. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag.
- Pintal, W., & Kurtz, M. (1989). An integrated osteopathic treatment approach in acute otitis media. *The Journal of the American Osteopathic Association*, S. 1139-1141.
- Platzer, W. (2003). *Taschenatlas der Anatomie (8. Auflage)*. Stuttgart: Thieme.
- Powell, T., & Brodie, A. (Jänner 1963). Closure of the spheno-occipital synchondrosis. *The Anatomical Record*, S. 15-23.
- Ridder, P. (2014). *Craniomandibuläre Dysfunktion*. München: Urban&Fischer.
- Rogers, J., & Witt, P. (26.2.1997). The controversy of cranial bone motion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, S. 95-103.
- Rohen, J. W., & Lütjen -Drecoll, E. (2017, 5. Auflage). *Funktionelle Embryologie*. Stuttgart: Schattauer.
- Rohen, J. W., & Lütjen-Drecoll, E. (2004, 2. Auflage). *Funktionelle Embryologie - Die Entwicklung der Funktionssysteme des menschlichen Organismus*. Stuttgart, New York: Schattauer.
- Ruddy, T. (1942). Osteopathic manipulation in eye, ear, nose and throat disease. *The Journal of the American Osteopathic Association*, S. 447-452.
- Schalkhauser, A. (2000). Closure and mobility of the spheno-occipital synchondrosis. Deutschland: Master Thesis. Akademie für Osteopathie (AFO).
- Scheuer, L. (2002). Application of osteology to forensic medicine. *Clinical Anatomy*(15), S. 297-312.
- Schmidt, U. (1981). Mazeration von Skeletteilen mit Waschmitteln. *Der Präpar*, S. 69-76.
- Schultka, R., & Neumann, J. (2007). *Anatomie und anatomische Sammlungen im 18. Jahrhundert*. Berlin: LIT Verlag Dr. W. Hopf.
- Sinowatz, F., Seitz, J., Bergmann, M., Petzholdt, U., & Fanghänel, J. (1999). *Embryologie des Menschen*. Köln: Deutscher Ärzteverlag.

- Skinner, H. (August 1926). A method for the preparation of skeletons from cadavers preserved by phenol. *The Anatomical Record*, S. 327-330. doi:<https://doi.org/10.1002/ar.1090330410>
- Sobotta, J., & Becher, H. (1972). *Atlas der Anatomie des Menschen*. München: Urban und Schwarzenberg.
- Starkey, R. (2015). Arguments for and against movement at the spheno-occipital synostosis: Furthering the debate. *International Journal of Osteopathic Medicine*(18), S. 102-115.
- Still, A. T. (1897). *Autobiography*. Kirksville: Eigenverlag.
- Sutherland, W. G. (1990). *Teachings in the science of osteopathy*. Portland, Oregon: Rudra Press.
- Tait, A., & Geisser, M. (Juni 2017). Development of a consensus operational definition of child assent for research. *BMC Medical Ethics*, S. 41. doi:doi: 10.1186/s12910-017-0199-4
- Talmant, J. (September 1995). Ventilation et mécanique des tissus mous faciaux : 1 - Intérêt de l'absence d'oropharynx pour la ventilation du nouveau-né. *Rev Orthop Dento Faciale*, S. 337-344. doi:<https://doi.org/10.1051/odf/1995024>
- Thilander, B., & Ingervall, B. (Juni 1973). The human spheno-occipital synchondrosis. II. A histological and microradiographic study of its growth. *Acta Odontologica Scandinavica*, S. 223-234. von <https://doi.org/10.3109/00016357309002520> abgerufen
- Torre de la, L. (5. Mai 1951). A method for cleaning skulls of specimens preserved alcohol. *Journal of Mammalogy*, S. 231-232. doi:<https://doi.org/10.1093/jmammal/32.2.231>
- Upledger, J. (1978). The relationship of cranosacral examination findings in grade school children with developmental problems. *Journal of the American Osteopathic Association*, S. 760-776.
- Vlaardingerbroek, M., & den Boer, J. (2004). *Magnetresonanzbildgebung: Theorie und Praxis*, (3. Auflage). Berlin. Heidelberg: Springer.
- Voges, J., & Timmermann, L. (2017). *Tiefe Hirnstimulation: Grundlagen, Indikationen, Verfahren*. Berlin: De Gruyer.
- Von Piekartz, H. (2015). *Kiefer, Gesichts- und Zervikalregion* (2. Auflage). Stuttgart: Thieme.

TABELLENVERZEICHNIS

Nummer	Seite
Tabelle 1: Lebensabschnitt: Kinder/Erwachsene	25
Tabelle 2: Deskriptive Daten allgemein	26
Tabelle 3: Kreuztabelle: Altersgruppen und Geschlecht	27
Tabelle 4: Kreuztabelle: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung allgemein	28
Tabelle 5: Kreuztabelle: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung weiblich	30
Tabelle 6: Kreuztabelle: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung männlich	31
Tabelle 7: Fortschritt der Verknöcherung allgemein.....	32
Tabelle 8: Abstand der Knochenkanten, gemessen in mm, allgemein	33
Tabelle 9: Position der Occiputcondylen aller vorhandener Präparate.....	34
Tabelle 10: Position der Occiputcondylen aller Präparate mit Altersangabe	35
Tabelle 11: Deskriptive Daten Kinder	36
Tabelle 12: Verteilung der Geschlechter bei Kindern.....	36
Tabelle 13: Fortschritt der Verknöcherung bei Kindern.....	37
Tabelle 14: Abstand der Knochenkanten bei Kindern	38
Tabelle 15: Position der Occiputcondylen bei Kindern.....	39
Tabelle 16: Verteilung der Geschlechter bei Erwachsenen.....	40
Tabelle 17: Fortschritt der Verknöcherung bei Erwachsenen.....	41
Tabelle 18: Abstand der Knochenkanten bei Erwachsenen.....	42
<i>Tabelle 19: Position der Occiputcondylen bei Erwachsenen.....</i>	<i>43</i>
Tabelle 20: Inferenzstatistische Auswertung allgemein.....	46
Tabelle 21: Mann-Whitney-U-Test Kinder.....	46
Tabelle 22: Mann-Whitney-U-Test Erwachsene.....	46
Tabelle 23: Hypothesentestübersicht Mann-Whitney-U-Test (zur 3. Forschungsfrage).....	47
Tabelle 24: Spearman-Rangkorrelation	47

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Nummer	Seite
Abbildung 1: Os sphenoidale von anterior	5
Abbildung 2: Os sphenoidale von posterior	5
Abbildung 3: Schädel von inferior (Os sphenoidale rot, Os occipitale dunkelblau)	6
Abbildung 4: Os occipitale von innen/superior	8
Abbildung 5: Os occipitale von außen/inferior.....	8
Abbildung 6: Schädelbasis von inferior	10
Abbildung 7: Schädelbasis eines einjährigen Mädchens	12
Abbildung 8: Schädelbasis eines sechsjährigen Kindes	12
Abbildung 9: Schädelbasis einer 25-jährigen Frau.....	13
Abbildung 10: Altersgruppen allgemein	27
Abbildung 11: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung allgemein.....	29
Abbildung 12: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung weiblich	30
Abbildung 13: Altersgruppen und Fortschritt der Verknöcherung männlich.....	31
Abbildung 14: Fortschritt der Verknöcherung allgemein.....	32
Abbildung 15: Abstand der Knochenkanten allgemein.....	34
Abbildung 16: Fortschritt der Verknöcherung bei Kindern.....	37
Abbildung 17: Abstand der Knochenkanten bei Kindern	38
Abbildung 18: Position der Occiputcondylen bei Kindern.....	39
Abbildung 19: Fortschritt der Verknöcherung bei Erwachsenen.....	41
Abbildung 20: Abstand der Knochenkanten bei Erwachsenen.....	43
Abbildung 21: Gegenüberstellung Fortschritt der Verknöcherung Kinder und Erwachsene ..	44
Abbildung 22: Gegenüberstellung Abstand der Knochenkanten Kinder und Erwachsene.....	45
Abbildung 23: Streupunktdiagramm Fortschritt der Verknöcherung und Alter	48
Abbildung 24: Streupunktdiagramm Abstand der Knochenkanten und Alter	48

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A.	Arteria
CT	Computertomografie
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenti
LJ	Lebensjahr
LM	Lebensmonat
M.	Musculus
MR	Magnetresonanz
N.	Nervus
PRM	Primärer respiratorischer Mechanismus
SSB	Synchondrosis Sphenobasilaris
SSO	Synchondrosis Sphenooccipitalis
V.	Vena

ANHANG A

- **Deskriptive Statistik: Altersverteilung der vorhandenen Präparate**

		Alter			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	-,50	7	1,1	1,6	1,6
	,00	26	4,2	5,8	7,4
	,08	8	1,3	1,8	9,2
	,17	6	1,0	1,3	10,5
	,25	7	1,1	1,6	12,1
	,33	6	1,0	1,3	13,5
	,42	4	,6	,9	14,3
	,50	7	1,1	1,6	15,9
	,58	4	,6	,9	16,8
	,67	2	,3	,4	17,3
	,75	3	,5	,7	17,9
	1,00	13	2,1	2,9	20,9
	1,50	6	1,0	1,3	22,2
	1,67	1	,2	,2	22,4
	2,00	16	2,6	3,6	26,0
	2,50	6	1,0	1,3	27,4
	3,00	15	2,4	3,4	30,7
	3,50	2	,3	,4	31,2
	4,00	10	1,6	2,2	33,4
	4,50	1	,2	,2	33,6
5,00	13	2,1	2,9	36,5	

6,00	7	1,1	1,6	38,1
7,00	11	1,8	2,5	40,6
8,00	6	1,0	1,3	41,9
9,00	6	1,0	1,3	43,3
10,00	4	,6	,9	44,2
11,00	4	,6	,9	45,1
12,00	5	,8	1,1	46,2
13,00	1	,2	,2	46,4
14,00	1	,2	,2	46,6
15,00	2	,3	,4	47,1
16,00	1	,2	,2	47,3
17,00	1	,2	,2	47,5
18,00	6	1,0	1,3	48,9
19,00	3	,5	,7	49,6
20,00	4	,6	,9	50,4
21,00	6	1,0	1,3	51,8
22,00	4	,6	,9	52,7
23,00	11	1,8	2,5	55,2
24,00	5	,8	1,1	56,3
25,00	5	,8	1,1	57,4
26,00	12	1,9	2,7	60,1
27,00	4	,6	,9	61,0
28,00	6	1,0	1,3	62,3
29,00	6	1,0	1,3	63,7
30,00	7	1,1	1,6	65,2
31,00	5	,8	1,1	66,4

32,00	11	1,8	2,5	68,8
33,00	4	,6	,9	69,7
34,00	5	,8	1,1	70,9
35,00	3	,5	,7	71,5
36,00	6	1,0	1,3	72,9
37,00	2	,3	,4	73,3
38,00	1	,2	,2	73,5
39,00	7	1,1	1,6	75,1
40,00	4	,6	,9	76,0
41,00	6	1,0	1,3	77,4
42,00	8	1,3	1,8	79,1
43,00	9	1,5	2,0	81,2
44,00	6	1,0	1,3	82,5
45,00	4	,6	,9	83,4
46,00	7	1,1	1,6	85,0
47,00	1	,2	,2	85,2
48,00	1	,2	,2	85,4
49,00	3	,5	,7	86,1
50,00	5	,8	1,1	87,2
51,00	3	,5	,7	87,9
52,00	4	,6	,9	88,8
53,00	5	,8	1,1	89,9
54,00	3	,5	,7	90,6
55,00	4	,6	,9	91,5
56,00	1	,2	,2	91,7
57,00	2	,3	,4	92,2

	58,00	3	,5	,7	92,8
	59,00	1	,2	,2	93,0
	60,00	4	,6	,9	93,9
	61,00	1	,2	,2	94,2
	62,00	3	,5	,7	94,8
	64,00	3	,5	,7	95,5
	65,00	5	,8	1,1	96,6
	66,00	2	,3	,4	97,1
	67,00	1	,2	,2	97,3
	68,00	2	,3	,4	97,8
	69,00	1	,2	,2	98,0
	70,00	2	,3	,4	98,4
	71,00	2	,3	,4	98,9
	73,00	1	,2	,2	99,1
	78,00	1	,2	,2	99,3
	81,00	2	,3	,4	99,8
	101,00	1	,2	,2	100,0
	Gesamt	446	71,9	100,0	
Fehlend	-99,00	174	28,1		
Gesamt		620	100,0		

- **Deskriptive Daten allgemein (vollständiger Datensatz zu Tabelle 2)**

		Alter	Geschlecht	Stufe	mm	Condylen	Lebensabschnitt
N	Gültig	446	346	438	422	446	446
	Fehlend	0	100	8	24	0	0
Mittelwert		22,5250	1,72	2,89	,858	,40	,5269
Median		20,0000	2,00	4,00	,000	,00	1,0000
Modus		,00	2	1	,0	0	1,00
Std.-Abweichung		21,58504	,450	1,852	1,1246	,642	,49984
Schiefe		,688	-,982	,029	1,278	1,348	-,108
Standardfehler der Schiefe		,116	,131	,117	,119	,116	,116
Kurtosis		-,482	-1,041	-1,894	1,120	,601	-1,997
Standardfehler der Kurtosis		,231	,261	,233	,237	,231	,231
Minimum		-,50	1	1	,0	0	,00
Maximum		101,00	2	5	5,0	2	1,00
Perzentile	25	2,0000	1,00	1,00	,000	,00	,0000
	50	20,0000	2,00	4,00	,000	,00	1,0000
	75	39,2500	2,00	5,00	2,000	1,00	1,0000

- **Deskriptive Daten Kinder (vollständiger Datensatz zu Tabelle 11)**

		Alter	Geschlecht	Stufe	mm	Condylen	Lebensabschnitt
N	Gültig	211	125	203	193	211	211
	Fehlend	0	86	8	18	0	0
Mittelwert		3,2378	1,49	1,05	1,821	,30	,0000
Median		2,0000	1,00	1,00	2,000	,00	,0000
Modus		,00	1	1	1,0	0	,00
Std.-Abweichung		3,73469	,502	,413	,9818	,633	,00000
Schiefe		1,290	,049	8,065	1,011	1,931	
Standardfehler der Schiefe		,167	,217	,171	,175	,167	,167
Kurtosis		,990	-2,030	66,191	1,062	2,277	
Standardfehler der Kurtosis		,333	,430	,340	,348	,333	,333
Minimum		-,50	1	1	,0	0	,00
Maximum		16,00	2	5	5,0	2	,00
Perzentile	25	,2500	1,00	1,00	1,000	,00	,0000
	50	2,0000	1,00	1,00	2,000	,00	,0000
	75	5,0000	2,00	1,00	2,000	,00	,0000

- **Inferenzstatistische Auswertung allgemein (vollständiger Datensatz zu Tabelle 20)**

		Alter	Geschlecht	Stufe	mm	Condylen	Lebensabschnitt
N	Gültig	446	346	438	422	446	446
	Fehlend	0	100	8	24	0	0
Mittelwert		22,5250	1,72	2,89	,858	,40	,5269
Median		20,0000	2,00	4,00	,000	,00	1,0000
Modus		,00	2	1	,0	0	1,00
Std.-Abweichung		21,58504	,450	1,852	1,1246	,642	,49984
Schiefe		,688	-,982	,029	1,278	1,348	-,108
Standardfehler der Schiefe		,116	,131	,117	,119	,116	,116
Kurtosis		-,482	-1,041	-1,894	1,120	,601	-1,997
Standardfehler der Kurtosis		,231	,261	,233	,237	,231	,231
Minimum		-,50	1	1	,0	0	,00
Maximum		101,00	2	5	5,0	2	1,00
Perzentile	25	2,0000	1,00	1,00	,000	,00	,0000
	50	20,0000	2,00	4,00	,000	,00	1,0000
	75	39,2500	2,00	5,00	2,000	1,00	1,0000

- **Mann-Whitney-U-Test Kinder (vollständiger Datensatz zu Tabelle 21)**

		Stufe	Mm
N	Gültig	203	193
	Fehlend	8	18
Mittelwert		1,05	1,821
Median		1,00	2,000
Modus		1	1,0
Std.-Abweichung		,413	,9818
Minimum		1	,0
Maximum		5	5,0
Perzentile	25	1,00	1,000
	50	1,00	2,000
	75	1,00	2,000

- Mann-Whitney-U-Test Erwachsene (vollständiger Datensatz zu Tabelle 22)

		Stufe	Mm
N	Gültig	235	229
	Fehlend	0	6
Mittelwert		4,48	,046
Median		5,00	,000
Modus		5	,0
Std.-Abweichung		,898	,2752
Minimum		1	,0
Maximum		5	3,0
Perzentile	25	4,00	,000
	50	5,00	,000
	75	5,00	,000

- Kalibrierschein für Schublehre der Firma Lackner und Urnitsch:

Kalibrierschein

Kalibrierung **Lackner & Urnitsch GmbH**
Bahnhofgürtel 37
8020 Graz A

Kalibrierschein-Nr.
1780617-10
18110233

Urteil
i.O.

gemäß der gemessenen Parameter
Blatt: 1 / 1

Prüfmittel

Prüfmittel-Nr. **18110233**

Seriennummer*
Bezeichnung **Messschieber, 18 EWR**

Organisation **Lackner & Urnitsch GmbH**
Einsatzort **58004100 Lackner & Urnitsch GmbH**

Messbereich **0 - 300 mm**
Teilung **0,01 mm**

* Die Serien-Nr wird nur angegeben, wenn sie von der Prüfmittel-Nr abweicht.

Prüfungsdaten

Prüfer **Veser**
Prüfdatum **09.01.2019**

Rekalibrierfrist ** **0 Tage**
nächste Fälligkeit ** **09.01.2019**

** Rekalibrierdaten dürfen vom Anwender verändert werden, ohne dass die Gültigkeit des Zertifikats erlischt. Für die Einhaltung der Fristen ist der Anwender verantwortlich.

Kennwerte	Sollwert	Istwert	UGW	OGW	U (k=2)	Einheit	Urteil
Parallelität	0,000	0,009	-0,030	0,030	0,003	mm	i.O.
Nullstellung (Außen, lang)	0,00	0,00	-0,03	0,03	0,015	mm	i.O.
Messabweichung (Außen, lang)	41,30	41,30	41,27	41,33	0,015	mm	i.O.
Messabweichung (Außen, lang)	131,40	131,39	131,37	131,43	0,015	mm	i.O.
Messabweichung (Außen, lang)	281,20	281,20	281,17	281,23	0,015	mm	i.O.
Messabweichung (Außen, kurz)	41,30	41,29	41,27	41,33	0,015	mm	i.O.
Messabweichung (Innenmessung)	30,00	30,00	29,95	30,05	0,020	mm	i.O.
Messabweichung (Innenmessung)	92,00	92,00	91,95	92,05	0,020	mm	i.O.

Kennwerte	Sollwert	Istwert	UGW	OGW
Parallelität	0,000	0,009	mm	
Nullstellung (Außen, lang)	0,00	0,00	mm	
Messabweichung (Außen, lang)	41,30	41,30	mm	
Messabweichung (Außen, lang)	131,40	131,39	mm	
Messabweichung (Außen, lang)	281,20	281,20	mm	
Messabweichung (Außen, kurz)	41,30	41,29	mm	
Messabweichung (Innenmessung)	30,00	30,00	mm	
Messabweichung (Innenmessung)	92,00	92,00	mm	

Beanstandung bei der Sicht- und Funktionsprüfung
keine Beanstandungen gefunden

Bemerkungen

Prüfplan	WMS-00-0002-001 Werkstattmessschieber VDI / VDE / DQG 2618	
Toleranzen	Mahr-Werksnorm	
Umgebungsbedingungen	20°C +/- 0,3K	
Rückführung	Arbeitsnormal(e)	Bezugsnormal(e)
	ESR-0002 Einstellring	937 D-K-15074-02-00 2017-10
	PEM-0069 Parallelendmaß(e)	74217 D-K-15190-01-00 2017-07
	PEM-0085 Parallelendmaß-Satz, Stahl, 6tlg	70928 D-K-15190-01-00 2017-02
	ESR-0003 Einstellring	941 D-K-15074-02-00 2017-10
	PST-0010 Prüfstift-Satz	505 D-K-15074-02-00 2018-04

Unterschrift

EXACTLY

Dieses Protokoll beschreibt den Zustand des Prüfmittels zum Zeitpunkt der Prüfung.
Die Beurteilung von Konformitäten erfolgt nach ISO 14253-6. Die Beurteilung "i.O." bestätigt, dass alle ermittelten Istwerte innerhalb der Toleranz liegen.

- Rohdaten auf CD:

Tabelle mit Rohdaten der Messung