

Langzeitentwicklung kindlicher Schädeldeformitäten

5-Jahres-Vergleich von orthetisch behandelten und unbehandelten
Kindern

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Nikolai Lautenbacher
aus Gießen

Gießen 2020

Langzeitentwicklung kindlicher Schädeldeformitäten

5-Jahres-Vergleich von orthetisch behandelten und unbehandelten
Kindern

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Nikolai Lautenbacher
aus Gießen

Gießen 2020

II

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Gutachter: Herr PD Dr. med. Dr. med. dent. J.-F. Wilbrand

Gutachterin: Frau Prof. Dr. med. dent. Ruf

Tag der Disputation: 11.02.2021

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
Überblick	1
Geschichtliches.....	3
Wachstum des kindlichen Schädels im ersten Lebensjahr	4
Sudden Infant Death Syndrome und nicht synostotische Schädeldeformitäten.....	6
Die lagebedingte Schädeldeformität	7
Synostotische Schädeldeformitäten.....	9
Messmethoden.....	11
Schweregradeinteilung	13
Folgeerscheinung von Kopfdeformitäten	17
Bedingen lagebedingte Schädeldeformitäten Malokklusionen?	18
Mögliche Behandlungsformen von Schädeldeformitäten	21
Lagerungstherapie	22
Physiotherapie	23
Osteopathie.....	24
Helmtherapie	25
Indikation zur Behandlung mit einer individuellen Kopforthese.....	27
Spontane Besserung durch Wachstum?.....	29
Zielsetzung der Arbeit	30
2. Material und Methode	31
Methode.....	31
Einschlusskriterien	33
Ausschlusskriterien	33

Patientenkollektiv	34
Erhobene Messwerte	35
3D Fotogrammetrie	37
Weitere Untersuchungsparameter.....	41
Malokklusionen.....	41
Andere Parameter	42
Auswertung der erhobenen Daten	43
3. Ergebnisse	44
Zusammensetzung der Gruppen.....	44
Geschlechterverteilung.....	44
Altersverteilung zum Zeitpunkt der Erst- und Basisuntersuchung	45
Überprüfung auf Normalverteilung.....	46
Ergebnisse in Gruppe 1	47
Erstuntersuchung in Gruppe 1.....	47
Basisuntersuchung in Gruppe 1.....	47
Erhobene Messwerte bei der 5-Jahres-Kontrolluntersuchung in Gruppe 1	48
Vergleich der erhobenen Messwerte zwischen Basisuntersuchung und Nachuntersuchung der Gruppe 1	48
Vergleich der Messwerte zwischen Erstuntersuchung und Basisuntersuchung in Gruppe 1	50
Ergebnisse in Gruppe 2	51
Erhobene Messwerte bei der Basisuntersuchung der Gruppe 2.....	51
Erhobene Messwerte bei der Nachuntersuchung in Gruppe 2	52
Auswertung der Behandlungsergebnisse beider Gruppen.....	54
Entwicklung des Cranial Index in beiden Gruppen	54
Entwicklung des CVA in beiden Gruppen.....	56
Entwicklung des CVAI.....	58

Auswertung der Nebenzielkriterien	61
Vergleich der Messwerte der anthropometrischen Zirkelmessung und des angefertigten 3D Fotoscans bei Nachuntersuchung	61
Effekt der Helmtherapie	64
Okklusionsverhältnisse.....	64
Alternative Behandlungsmethoden	67
4. Diskussion.....	69
Diskussion der Hauptzielparameter	69
Diskussion der Nebenzielparameter	82
5. Schlussfolgerung.....	86
6. Zusammenfassung.....	87
Summary	89
7. Abkürzungsverzeichnis.....	90
8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	91
9. Literaturverzeichnis.....	95
10. Publikationsverzeichnis	105
11. Ehrenwörtliche Erklärung	106
12. Danksagung.....	107

1. Einleitung

Überblick

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Langzeitverlauf nicht-synostotischer Schädeldeformitäten bei Kindern, welche mit unterschiedlichen therapeutischen Mitteln behandelt worden sind. Die Häufigkeitszunahme dieses klinischen Bildes seit den frühen 1990er Jahren ist insbesondere auf die Empfehlung der Amerikanischen Pädiatrischen Gesellschaft zurückzuführen, welche eine überwiegende Lagerung von Säuglingen auf dem Rücken zufolge hatte, um die Häufigkeit des plötzlichen Kindstodes zu minimieren (Argenta et al. 1996), (Littlefield et al. 2004), (Turk et al. 1996). Die primäre Rückenlagerung führte zwar zu einem signifikanten Rückgang der Inzidenz des plötzlichen Kindstodes (Sudden Infant Death Syndrome – SIDS), in den folgenden Jahren wurden jedoch die zunehmend negativen Folgen dieser Lagerungsform deutlich. Es zeigten sich gehäuft Deformationen des kindlichen Kopfes, welche zum Teil zu einer deutlichen Stigmatisierung der betroffenen Kinder führten.

Zur Therapie der Schädeldeformitäten wurden in der Vergangenheit unter anderem chirurgische Eingriffe durchgeführt. Andere Formen der Therapie stellten manualtherapeutische, krankengymnastische oder osteopathische Maßnahmen dar. Diese führten oftmals jedoch nur zu unzureichender Verbesserung. Es kam im weiteren Verlauf zum Einsatz von individuellen Kopforthesen, welche Clarren et al in den späten siebziger Jahren erstmals beschrieben hatten und welche das maximal große kindliche Kopfwachstum im ersten Lebensjahr ausnutzen sollten (Clarren et al. 1979). Aufgrund der guten Wirksamkeit dieser Behandlungsmethode kam es zu einer weltweiten Verbreitung in den folgenden Jahren. Trotz der schon mehrfach dokumentierten und auch veröffentlichten suffizienten Wirkungsweise der Helmtherapie werden immer wieder Studien veröffentlicht, welche zu dem Ergebnis kommen, dass eine krankengymnastische Beübung zu gleichen Ergebnissen wie eine Helmtherapie führe

(van Wijk et al. 2014), (Loveday und Chalain 2001), (Hutchison et al. 2011). Auch zweifeln Kritiker der Helmtherapie daran, dass Schädeldeformitäten per se einen Krankheitswert haben sollen. Wieder andere sind davon überzeugt, dass eine spontane Korrektur deformierter Köpfe durch das physiologische Schädelwachstum eintritt. Die klinische Erfahrung am Gießener Universitätsklinikum und verschiedene weitere Publikationen haben hingegen gezeigt, dass die Helmtherapie effektiver ist als eine alleinige krankengymnastische Beübung und auch ausgeprägte Schädeldeformitäten korrigieren kann (Teichgraeber et al. 2004), (Mortenson et al. 2012), (Blecher und Howaldt 1998). Auch gibt es Hinweise darauf, dass persistierende Schädeldeformitäten zu funktionellen Beeinträchtigungen wie z.B. Kieferfehlstellungen führen könnten (St John et al. 2002), (Kawamoto et al. 2009), (Kluba et al. 2016). Die wissenschaftliche Unklarheit darüber, ob und in welchem Maße sich Schädeldeformitäten tatsächlich bis zum Eintritt in das Schulalter spontan normalisieren, sollte mit dieser Studienmaßnahme geklärt werden.

Geschichtliches

Die Modellation kindlicher Köpfe wurde schon vor über 5000 Jahren im alten Ägypten durchgeführt. Die Ägypter erzielten durch Bandagierung der Köpfe im Kindesalter eine lebenslang bestehende Kopfform. In zahlreichen anderen Kulturen erfolgte ebenfalls eine Steuerung des Kopfwachstums, so bei den Indianervölkern von Südamerika oder auch bei verschiedenen afrikanischen Völkern. Sie haben versucht, ihre Ziele durch Anlegen von Holzgestellen zu erreichen. All diese Kulturen hatten die Erkenntnis gemeinsam, dass eine Verformung des Kopfes nur erreicht werden kann, wenn im Babyalter begonnen wird, das im ersten Lebensjahr maximal ausgeprägte Schädelwachstum zu lenken (World Health Organization und ebrary, Inc 2009). In diesem Zeitraum muss eine dauerhafte Beeinflussung des Kopfwachstums stattfinden. Dies erfolgte seinerzeit mithilfe von Brettern oder Bandagen, um so die gewünschte Kopfform zu erzeugen und Ethnizitäten oder klerikale bzw. soziale Zugehörigkeiten zu repräsentieren (Blecher et al. 2012). Dabei handelte es sich um eine artifizielle Herbeiführung einer gewünschten Kopfform.

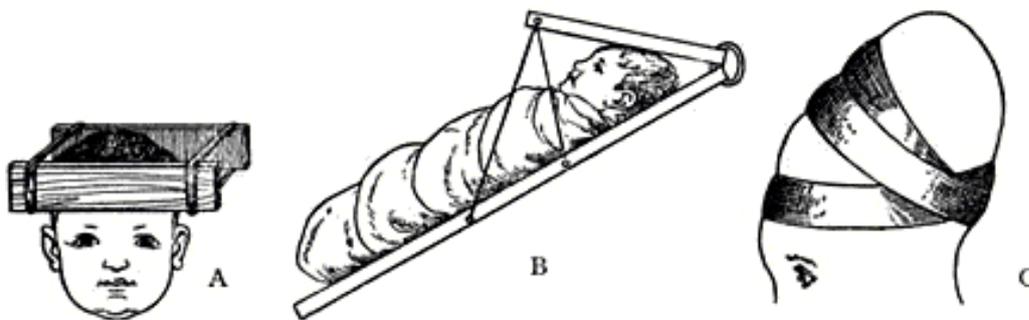


Abb. 1: Historische Methoden zur Steuerung des Kopfwachstums A und B Steuerung des Kopfwachstums mit Brettern; C Lenkung durch Kopfbandagen (Quelle: <http://www.physiologus.de>)

Eine erste wissenschaftliche Beschreibung von Kopfmodellationen im medizinischen Kontext zur Korrektur einer akzidentiell entstandenen und lagebedingten Schädeldeformität erfolgte durch Clarren et al. im Jahr 1979. Sie beschrieben die Behandlung von 4 Kindern mit einer individuellen Kopforthese, welche eine lagebedingte Plagiocephalie bei muskulärem Torticollis aufwies. Dies stellt die erste Fallserie zur Behandlung von lagebedingten Schädeldeformitäten mit individuell angefertigten Kopforthesen dar (Clarren et al. 1979).

Wachstum des kindlichen Schädels im ersten Lebensjahr

Über das Wachstum des Schädels wurden bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts zahlreiche wissenschaftliche Abhandlungen verfasst. Hierin wird beschrieben, dass das Schädelwachstum durch das Gehirnwachstum maßgeblich bestimmt wird (Virchow 1851) (Schwalbe 1906). Das Wachstum der Schädelbasis findet durch enchondrale Ossifikation statt, das der Schädelkalotte durch desmale Ossifikation. Die Schädelnähte fungieren als Wachstumszentren (Schumacher 1973).

Dies betrifft das intrauterine Wachstum und auch das weitere postpartale Wachstum des kindlichen Schädels. Bereits Rudolf Virchow stellte fest, dass das Wachstum des Kopfes im Kindesalter perpendikulär zum Verlauf der Schädeluturen verläuft und es beim vorzeitigen Verschluss einer oder mehrerer Schädelnähte zu typischen Wachstumsmustern kommt (Virchow 1851). Scott und Dixon unterscheiden vier Suturensysteme, welche für das postpartale Schädelwachstum hauptverantwortlich sind. Die Lambdanaht ist paarig zwischen Ossa parietalia und Os occipitale lokalisiert und hauptsächlich für die Entwicklung des Hinterkopfes verantwortlich. Die koronare Naht (Kranznaht) befindet sich zwischen Os parietale und Os frontale beidseits und sorgt für die formgerechte Entwicklung der Schläfen-Stirn-Orbitaregion. Die Sagittalnaht (Pfeilnaht), welche beide Ossa parietalia verbindet, ist für das Breitenwachstum verantwortlich. Am Treffpunkt zwischen Lambda- und Sagittalnaht befindet sich die hintere Schädelfontanelle und am Treffpunkt beider Kranznähte mit der Sagittalnaht ist die vordere Schädelfontanelle zu finden.

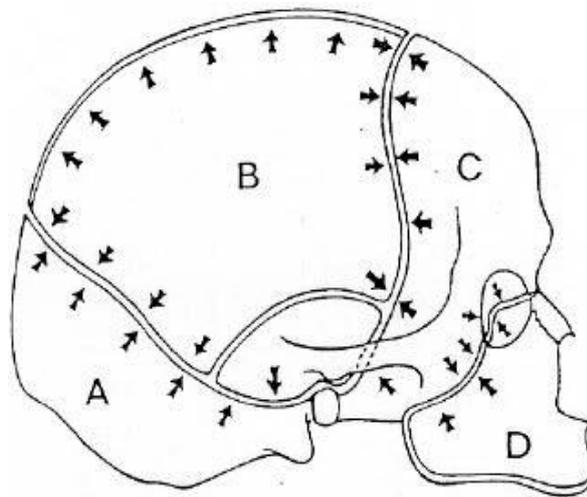
Die kraniofazialen und maxillären Suturen sind für die Verlagerung des Mittelgesichts nach kaudal und anterior verantwortlich. Kraniofaziale Wachstumszentren sind die basokraniellen Synchronosen, das knorpelige Nasenseptum und die Condylknorpel des Unterkiefers (Scott und Dixon 1980).

Postnatal findet ein stärkeres Wachstum des Neurokraniums im Verhältnis zum Viszerokranium statt. Hierdurch kommt es zu einer Verschiebung der Proportionen. Das Wachstum des Neurokraniums ist im 7.-8. Lebensjahr abgeschlossen (Biegert 1957). 85 % des kindlichen Schädelwachstums findet innerhalb der ersten 15 Lebensmonate statt. Mit Abschluss des zweiten Lebensjahres hat das Neurokranium bereits 90 %

seiner finalen Größe erreicht (World Health Organization und ebrary, Inc 2009).

*Sagittales
Suturensystem*

*koronares
Suturensystem*



Lambdasuturensystem

*kraniofaziales und
maxilläres Suturensystem*

Abb. 2: Modell der Suturen, in welchen das Schädelwachstum stattfindet. Aus: SCOTT, J. H., DIXON, A. D.; Anatomy for students of dentistry. 4. ed., Churchill Livingstone, Edinburgh 1978 (Scott und Dixon 1980)

Das normale Schädelumfangwachstum kann auf den empirisch festgelegten Perzentilenkurven (World Health Organization und ebrary, Inc 2009) abgelesen werden.

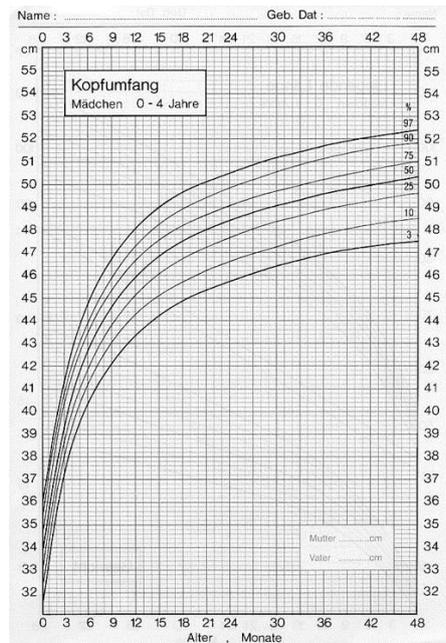
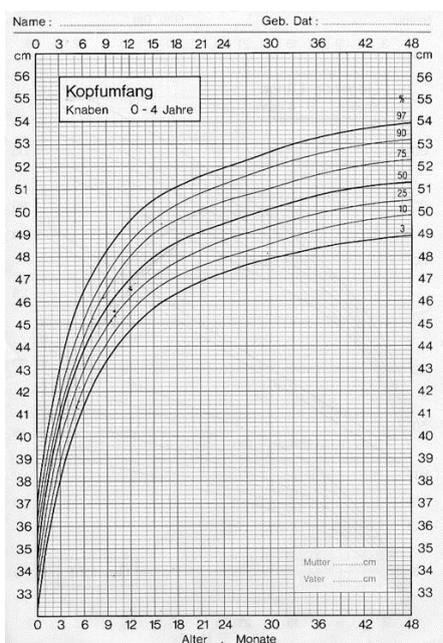


Abb. 3: Perzentilenkurven für Kopfumfang, Knaben und Mädchen, 0-4 Jahre (Quelle: World Health Organization und ebrary, Inc 2009)

Sudden Infant Death Syndrome und nicht synostotische Schädeldeformitäten

Der Begriff „Sudden Infant Death Syndrome“ (SIDS) wurde erstmals im Jahre 1969 geprägt und beschreibt den plötzlichen Tod bei ansonsten gesunden Säuglingen, welcher unerwartet und unerklärlich eintritt (Beckwith 2003). Im Jahr 1989 wurde eine Expertenkommission zur Überarbeitung der geltenden Definition des SIDS gegründet. Die Überarbeitung und Neufassung erfolgte in den Jahren 1991, 1992 und 2004. Die zur Zeit gültige Definition lautet: „Der plötzliche Säuglingstod ist definiert als der rasch eintretende Tod eines Säuglings, der nach der Anamnese unerwartet ist, bei dem die Auffindsituation und die äußere Besichtigung des Körpers keine Anhaltspunkte für einen nicht-natürlichen Tod ergeben und bei dem eine nach einem definierten wissenschaftlichen Protokoll durchgeführte postmortale Untersuchung (Autopsie) keine Befunde ergeben, die aus klinischer und histologisch-pathologischer Sicht als todesursächlich gelten können“ (Krous et al. 2004).

SIDS ist bis heute eine Ausschlussdiagnose. Obwohl die pathogenetischen Abläufe der unter diesem Begriff zusammengefassten Todesfälle noch nicht befriedigend geklärt sind, konnten statistische bzw. epidemiologische Risikofaktoren identifiziert werden, deren Vermeidung z.B. in Deutschland zu einem Rückgang der Zahl der unter der Diagnose „plötzlicher Säuglingstod“ verstorbenen Kinder auf jetzt noch ca. 0,3/1000 geführt hat (Deutsche Gesellschaft für Schlafmedizin 2011). Als Risikofaktor wird neben zahlreichen weiteren Faktoren unter anderem die Lage des Säuglings auf den Bauch angegeben. Daher wird seit dem Jahr 1992 die Lagerung von Säuglingen auf dem Rücken empfohlen (American Academy of Pediatrics 1992). Hierdurch kam es zu einem signifikanten Rückgang der Inzidenz des SIDS um 80% (Deutsche Gesellschaft für Schlafmedizin 2011). Seit dieser Empfehlung ist jedoch auch eine signifikante Steigerung der Inzidenz von lagerungsbedingten nicht synostotischen Schädeldeformitäten zu verzeichnen (Kane et al. 1996), (Turk et al. 1996), (Littlefield et al. 2004). Etwa seit dem Jahr 2003 ist ein sprunghafter Anstieg dieser behandlungsbedürftigen nicht synostotischen Schädeldeformitäten auch in Deutschland zu verzeichnen (Littlefield et al. 2004), (Dörhage 2010).

Die lagebedingte Schädeldeformität

Unter dem Begriff der lagebedingten oder nicht-synostotischen Schädeldeformitäten werden Kopfdeformitäten zusammengefasst, welche durch eine fehlerhafte oder einseitige Lagerung des Kopfes entstanden sind. Sie lassen sich in Plagiocephalien (griech.: Plagio – schief; cephalus – Kopf), Brachycephalien (griech.: Brachy – kurz; cephalus – Kopf) und einer Kombination aus Plagio- und Brachycephalien unterteilen. Die Plagiocephalie wird definiert als Fehlbildung, bei der der Schädel eine unsymmetrische Form hat. Beim Brachycephalus handelt es sich um eine Schädeldeformierung, die mit einer zentral-occipitalen Abflachung einhergeht. Lagerungsbedingte Plagiocephalien weisen immer eine charakteristische Verformung des Kopfes auf. Hierbei kommt es occipital auf jener Seite, auf welcher die Lagerung des kindlichen Kopfes stattfindet, zu einer Abflachung. Dies führt auf der betroffenen Seite zu einer Verlagerung des Ohres nach anterior und damit zur Verschiebung der Ohrachse. Dies wird als „ear-shift“ bezeichnet. Es kommt zur Abflachung an der kontralateralen Stirnseite. Bei sehr stark ausgeprägten Plagiocephalien kann es zu einer Beteiligung des Gesichtsschädels mit Ausbildung einer Gesichtsskoliose kommen (Argenta et al. 2004), (Dörhage 2010b).



Abb. 4: Plagiocephalie, Brachycephalie und kombinierte Schädeldeformität. (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Uniklinikum Gießen)

Die Inzidenz von lagebedingten Schädeldeformitäten wurde vor der so genannten „back-to-sleep-campaign“, wie die Empfehlung zur Rückenlagerung von Säuglingen im Verlauf genannt wurde, von Clarren et al. mit etwa 1 auf 300 Geburten angegeben (Clarren 1981). Nach Implementierung der „back-to-sleep-campaign“ stieg die Inzidenz auf etwa 15,2 % aller Geburten (Littlefield et al. 2004). In der Studie von Ballardini et al. aus dem Jahr 2018 betrug die Prävalenz bei den untersuchten Kindern im Alter von 8-12 Wochen sogar 37,8 % (Ballardini et al. 2018)

Die Ursachen, welche für das Auftreten lagebedingter Plagiocephalien verantwortlich gemacht werden, sind die von außen auf den Kopf einwirkende Schwerkraft bei Lagerung des Kindes auf dem Hinterkopf oder einer Seite (Blecher et al. 2012). Lagebedingte Schädeldeformitäten können aber auch durch kongenitale Fehlbildungen und perinatale Verletzungen ausgelöst werden. Zum Beispiel kann es durch die Verwendung von Hilfsmitteln unter der Geburt (z.B. Saugglocke etc.) zu Kephalthämatomen, zum Auftreten von Clavikulafrakturen oder Hämatombildungen im Musculus Sternocleidomastoideus kommen (Dunn 1972). Ebenso wird bei Vorliegen orthopädischer Erkrankungen, wie z.B. Hüftdysplasien, das Tragen einer Spreizhose notwendig und damit die Mobilität deutlich eingeschränkt. Auch kann diese durch eine vorhandene Wirbelsäulenskoliose deutlich eingeschränkt sein. Diese Entitäten führen zunächst bei sehr kleinen Kindern zu einer deutlichen Beweglichkeitseinschränkung und damit zu einer bevorzugten Lage des Kopfes zentral auf dem Hinterkopf oder auf einer Seite. Ausgleichsmechanismen wie regelmäßiges Umlagern des Säuglings wurden durch die Empfehlung der AAP unterbunden und es kam zu einer erheblichen Steigerung der Inzidenz lagebedingter Schädeldeformitäten (Argenta et al. 1996). Inzwischen wurden weitere prädisponierende Faktoren für das Auftreten einer Schädeldeformität gefunden. Dies sind insbesondere die Lage des Kindes in utero, Mehrlingsgeburten, männliches Geschlecht, Erstgeburt und die Frühgeburt, Oligohydramnion, Hyper- oder Hypotrophie des Neugeborenen und andere (Dörhage 2010b). Aufgrund dieser Erkenntnis wurde die Bauchlagerung der Kinder in Wachphasen unter Aufsicht empfohlen (so genannte „tummy time“). Nach Blecher et al. ist eine spontane Besserung der Kopfform durch Lagerung und weitere therapeutische Maßnahmen wie Krankengymnastik oder Osteopathie bis zum 4.-5. Lebensmonat

möglich (Blecher et al. 2012).

Synostotische Schädeldeformitäten

Im Gegensatz zu den lagebedingten Schädeldeformitäten müssen hiervon unbedingt synostotische Schädeldeformitäten abgegrenzt werden, da diese grundsätzlich, wenn diese therapiebedürftig sind, einer chirurgischen Behandlung bedürfen und nicht einer Therapie mit individuellen Kopforthesen zugänglich sind. Unbehandelt können diese für die weitere Entwicklung des Kindes schwerwiegende Folgen haben (Moss 1997), (Renier et al. 1982).

Synostotisch bedingte Schädeldeformitäten sind eine seltene Entität. Die Inzidenz wird mit etwa 1:2000 bis 1:2500 angegeben (Freudlsperger et al. 2013). Kraniosynostosen werden durch eine meist isolierte prämatüre Verknöcherung einer Schädelnaht bedingt. Dies hat zur Folge, dass das Schädelwachstum in einer bestimmten Dimension ausbleibt. Mit einer Inzidenz von etwa 18% führt die isolierte Schädelnahtsynostose zu einem Anstieg des intrakraniellen Drucks (Freudlsperger et al. 2013), (Cohen und Persing 1998).

Da das kindliche Kopfwachstum, wie bereits durch Rudolf Virchow beschrieben, quer zu den Wachstumsfugen verläuft und durch das Wachstum des Gehirns bestimmt wird, lassen sich die pathologischen Kopfformen durch den Verschluss der entsprechenden Naht erklären (Virchow 1851).

Die genaue Pathogenese der Kraniosynostosen ist jedoch nicht abschließend geklärt. Während für die syndromalen Erkrankungen, wie zum Beispiel Morbus Crouzon, Apert und Pfeiffer genetische Defekte identifiziert werden konnten, war dies für die isolierten Kraniosynostosen bislang nicht möglich. Es werden einige metabolische Ursachen wie Hyperthyreose der Mutter, Mukopolysaccharidosen, die Vitamin D-resistente Hypophosphatämie und Mukolipidosen diskutiert (Alden et al. 1999). Die häufigste isolierte Nahtsynostose führt durch eine prämatüre Synostose der Sagittalnaht zum sogenannten Skaphozephalus. Die Prävalenz beträgt etwa 1:2000-1:5000. Es sind familiäre Häufungen beschrieben (Lajeunie et al. 1996). Durch die Synostose der Sagittalnaht kommt es zu einer Verminderung der temporalen Dimension und kompensatorisch zu einer Verlängerung des Schädels in der sagittalen Dimension.

Charakteristisch ist das Entstehen eines frontalen oder occipitalen Bossing.

Zur Ausbildung des Trigenocephalus kommt es durch die frühzeitige Verknöcherung der metopischen Naht. Die Prävalenz wird mit 1:15000 angegeben. Auch hier wird eine familiäre Häufung beschrieben (Lajeunie et al. 1996). Durch die prämatüre Synostose kommt es zur kielförmigen Wulstbildung in der Stirnmitte und es kann zur Ausbildung eines Hypotelorismus kommen. Die vordere Schädelbasis ist verengt, die hintere verbreitert. Es kommt zur Einengung des Frontallappens des Gehirns (Freudlsperger et al. 2013).

Der vordere Plagiocephalus entsteht durch eine prämatüre einseitige Schädelnahtsynostose der Koronarnaht. Diese führt zu einer Abflachung der Stirn auf der ipsilateralen Seite (Whitaker et al. 1987). Charakteristisch ist die Verlagerung des ipsilateralen Supraorbitalrandes in Richtung der Synostose (sog. „Harlekin“-Zeichen). Kontralateral kommt es zu einer Vorwölbung der Stirn und zu einem relativen Orbitatiefstand (Plooiij et al. 2009). Es kommt zu einer Skoliose des Gesichtes, teilweise mit Okklusionsstörung (Ursitti et al. 2011).

Der hintere synostotische Plagiocephalus entsteht durch die prämatüre Synostose der Lambdanaht und ist sehr selten. Es gibt sowohl ein- als auch beidseitige Synostosen. Die Häufigkeit wird mit 1:40000-1:100000 angegeben (Smartt et al. 2011). Charakteristisch sind eine ipsilaterale Abflachung und die kompensatorische kontralaterale Vorwölbung. Das Ohr der ipsilateralen Seite wird nach vorne unten verlagert (Mastoidaeales bulging). In der Ansicht von occipital ist der Kopf parallelogrammartig deformiert (Wilbrand et al. 2016), (Panchal und Uttchin 2003).

Die klinische Unterscheidung zwischen Lambdanahtsynostose und lagebedingter Schädeldeformität ist häufig schwierig, ist jedoch von enormer Bedeutung für den Patienten, da eine völlig unterschiedliche Therapieentscheidung daraus resultiert.

Messmethoden

Zur Vermessung des Kopfes sind unterschiedliche Methoden in der Literatur beschrieben. Eine Möglichkeit ist die Verwendung eines thermoplastischen Bandes, welches dem Kopf angelegt und anschließend vermessen wird (van Vlimmeren et al. 2006), (Spitzer et al. 2011).

Die am meisten verbreitete Messmethode ist die Verwendung standardisierter anthropometrischer Schädelmessungen mit Messzirkel und Maßband (Wilbrand et al. 2011), (Graham et al. 2005), (Farkas 1996). Dabei werden neben anderen Parametern der Kopfumfang, Kopflänge, Kopfbreite und die beiden transkraniellen Schädeldiagonalen A und B erhoben. Diese Messungen werden auch am Gießener Universitätsklinikum nach einem definierten Standardprotokoll durchgeführt.

Die Messung des Kopfumfanges erfolgt dabei mit dem Maßband, welches der Haut im Bereich der gesamten Kopfzirkumferenz spannungsfrei anliegen muss. Der Unterrand liegt dabei direkt über den Augenbrauen und verläuft über die Glabella und das Opisthocranion (Farkas 1994), (Wilbrand et al. 2011).

Die Kopflänge wird mit dem Beckenzirkel mit Millimeterskalierung erhoben. Es wird hierbei von der Glabella bis zum Opisthocranion gemessen. Der Messzirkel muss hierbei parallel zur Frankfurter Horizontalen angelegt werden, welche durch den tiefsten Punkt des Orbitaunterrandes und des Oberrandes des Tragus bestimmt wird.

Die Kopfbreite erfolgt durch Messung von Eurion zu Eurion. Das Eurion wird definiert als Punkt, welcher sich etwa 1 cm oberhalb des höchsten Punktes der Ohrbasis (otobasion) befindet. Diese Strecke wird ebenfalls mit dem Messzirkel erhoben. Sollte ein ear shift vorliegen, wird dieser durch diese Messmethode berücksichtigt.

Die beiden transkraniellen Diagonalen A und B werden ebenfalls mit dem Messzirkel erhoben. Messpunkt ist einerseits der frontotemporale Punkt, welcher in der Regel dem Übergang vom Os frontale zum Os temporale entspricht und im Bereich der lateralen Augenbraue liegt. Der gegenüberliegende occipitale Messpunkt (lamboid) ist definiert als Schnittpunkt des Kopfumfanges mit der Sutura Lamboidea. Es muss strikt in der Horizontalen gemessen werden (Wilbrand et al. 2011).

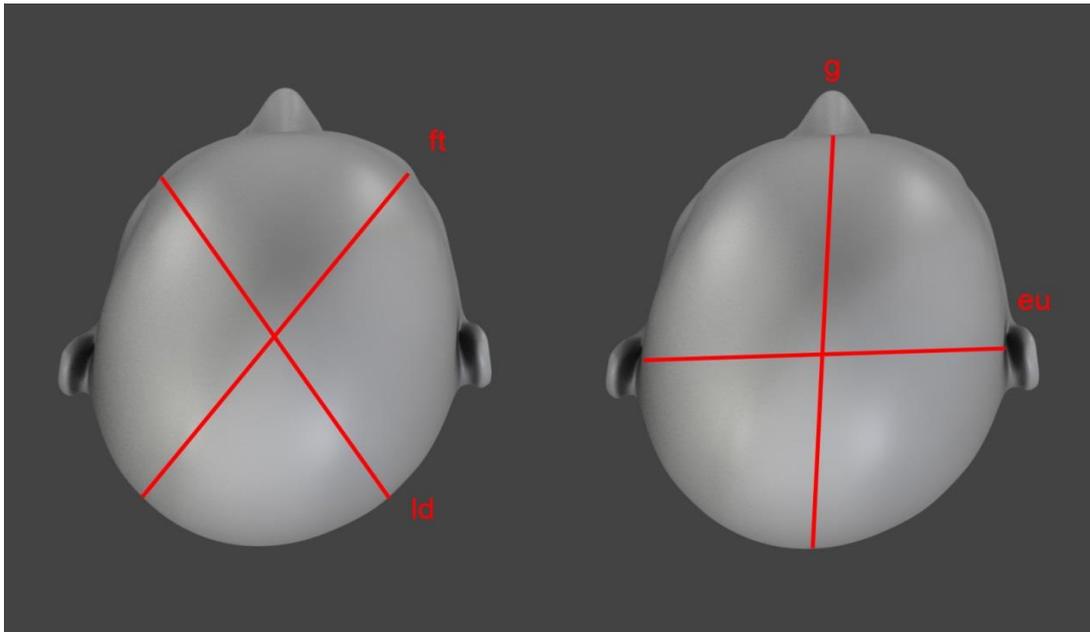


Abb. 5: Messpunkte bei der anthropometrischen Schädelmessung ft- frontotemporal; ld-lamboid;g- glabella; eu-aurion. (Quelle: Wilbrand et al. 2012b)

Goldstandard zur anthropometrischen Vermessung des kindlichen Kopfes ist heute jedoch die dreidimensionale Fotogrammetrie (Schaaf 2010), (Wong 2008), (Cho et al. 2018). Dabei wird innerhalb weniger Millisekunden ein dreidimensionales Bild des kindlichen Kopfes angefertigt, welches sehr genau ist und repetitiv anthropometrisch und sogar volumetrisch vermessen werden kann (Wilbrand et al. 2012). Diese Methode erfordert jedoch einen sehr hohen finanziellen und apparativen Aufwand, sodass die ubiquitäre Anwendung der 3D-Fotogrammetrie aktuell nicht möglich ist.

Schweregradeinteilung

Die Plagiocephalie ist durch eine Differenz zwischen den Schädeldiagonalen B und A charakterisiert, der Cranial Vault Asymmetry (CVA). Im Gegensatz zur Gießener Definition der Schädelvermessung definieren Loveday et al. die transkraniellen Diagonalen als im 30°-Winkel zur Mediansagittalebene anguliert (Loveday und Chalain 2001). Van Vlimmeren et al. definierten die Ableitung der transkraniellen Diagonalen bei 40° zur Mediansagittalebene (van Adrichem et al. 2008).

$$CVA = \text{Diagonale B} - \text{Diagonale A}$$

$$CVAI (mod) = \frac{\text{Diagonale B} - \text{Diagonale A}}{\text{Diagonale A}} \times 100$$

, wenn Diagonale A < B

Abb. 6: Formeln zur Berechnung von CVA und CVAI zur Darstellung der Schädelasymmetrie (Quelle: Wilbrand et al. 2013)

Modelle zur Schweregradklassifikation von lagebedingten Schädeldeformitäten wurden durch verschiedene Autoren unterschiedlich vorgeschlagen: So geben Loveday et al 2001 einen Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) von über 3.5 als behandlungsbedürftig an. Die Klassifikation nach Argenta folgt dem klinischen Bild und klassifiziert den Schweregrad von Schädeldeformitäten nach Formabweichungen des Hinterkopfes, der Stirn oder der Ohren. Diese Klassifikation (Argenta et al. 2004) beruht jedoch auf subjektiven Einschätzungen und ist daher ungenau (Spermon et al. 2008).

Klinisches Merkmal	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5
Occipitale Asymmetrie	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
„ear-shift“	Nicht vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Frontale Asymmetrie	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Asymmetrie des Gesichts	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Ausstülpung des Schädels nach temporal oder cranial	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	vorhanden

Tabelle 1: Einteilung der Plagiocephalien nach morphologischen Anhaltspunkten. (Quelle: Argenta et al. 2004)

Am Gießener Universitätsklinikum erfolgte 2012 die Einteilung der Plagiocephalien und Brachycephalien in 3 Schweregrade (leicht, moderat und schwer), welche aufgrund der absoluten Differenz der Diagonalen A und B (CVA) und der relativen Beziehung der Diagonalen A und B zueinander (CVAI) unterschieden wurden (Wilbrand et al. 2012a).

	Normal	Mild	Moderat	Schwer
Plagiocephalie (anhand des CVA)	Bis 0,3 cm	Bis 1 cm	Über 1cm bis 2cm	Über 2 cm
Plagiocephalie (anhand des CVAI)	0-3%	3-7%	7-12%	>12%
Brachycephalie (anhand des CI)	81-92 %	92-97 %	97-102 %	> 102 %
Kombination aus Plagiocephalie und Brachycephalie		Milde Plagiocephalie plus milde Brachycephalie	1. Milde Plagiocephalie + moderate Brachycephalie oder invers 2. Moderate Plagiocephalie plus moderate Brachycephalie	1. Schwere Plagiocephalie plus milde bzw. moderate Brachycephalie oder invers 2. Schwere Plagiocephalie plus schwere Brachycephalie

Tabelle 2: Gießener Schweregradeinteilung der lagebedingten Schädeldeformitäten. (Quelle: Wilbrand et al. 2012a)

Die Brachycephalie ist durch einen im Verhältnis zur Kopfbreite zu kurzen Kopf charakterisiert. Die Kopflänge, gemessen von Glabella bis Opisthocranion, stellt sich bei behandlungsbedürftigen brachycephalen Schädeldeformitäten gleich lang oder sogar kürzer als die Schädelbreite dar. Der Cephalic oder auch Cranial Index (CI), gebildet aus dem Quotienten der Kopfbreite durch Kopflänge, spiegelt das Verhältnis dieser Strecken wider.

$$CI = \frac{\text{Schädelbreite}}{\text{Schädellänge}} \times 100$$

Abb. 7: Formel zur Berechnung des Cranial Index (CI). (Quelle: Argenta et al. 1996)

Auch bei den Brachycephalien kann die Einteilung nach klinischen Gesichtspunkten erfolgen (Argenta et al. 2004), jedoch ist in diesem Zusammenhang ebenfalls fehlende Objektivität nachgewiesen (Spermon et al. 2008).

Klinisches Merkmal	Typ 1	Typ 2	Typ 3
Occipitale Abflachung	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Occipitale Aufweitung des Kopfes	Nicht vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Craniale oder temporale Ausstülpung des Kopfes	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Vorhanden

Tabelle 3: Einteilung der Brachycephalien, (Quelle: Argenta et al. 2004)

Die Einteilung für die kombiniert Plagio-Brachycephalen Schädeldeformitäten ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Folgeerscheinung von Kopfdeformitäten

In der Literatur werden verschiedene Gründe für die Behandlung einer Schädeldeformität angeführt. Neben der ästhetischen Stigmatisierung der Kinder bei persistieren der Schädeldeformität werden auch funktionelle Folgeerscheinungen postuliert, die jedoch zumeist noch nicht mit letzter Evidenz belegt sind (Kane et al. 1996a), (St John et al. 2002), (Kluba et al. 2016). Speltz et al. beschreiben ein neurologisches Entwicklungsdefizit der Kinder mit lagebedingter Plagiocephalie, welches sich vor allem in einer motorischen Entwicklungsverzögerung manifestiert (Speltz et al. 2010). Bislang ist jedoch nicht klar, ob dies Folge oder Grund der Schädeldeformität ist (Collett et al. 2005). Hussein et al. zeigten in einer Studie aus dem Jahr 2018 ein neurologisches Entwicklungsdefizit bei Kindern mit lagebedingten Schädeldeformitäten. Es konnte in dieser Studie ebenfalls nicht geklärt werden, ob dies Folge der Schädeldeformität ist oder Folge anderer Grunderkrankung, welche ebenfalls die Beweglichkeit beeinflussen und so auch die Schädeldeformität bedingen könnte (Hussein et al. 2018). Auch sind im langzeitlichen Verlauf Dysfunktionen im craniomandibulären oder craniocervikalen Übergang nicht auszuschließen. Um diese Folgeerscheinungen zu vermeiden, sollte jedoch eine „Normalisierung“ der Kopfform angestrebt werden. Dabei ist es in den ersten Lebensmonaten durchaus noch möglich, konsequente Umlagerungsmanöver und Krankengymnastik durchzuführen, um die einseitige Belastung des Kopfes aufzuheben. Auch wurden inzwischen spezielle Kissen entwickelt, die die belasteten Bereiche des Hinterkopfes entlasten sollen (Wilbrand et al. 2013). Bei moderater bis schwerer Asymmetrie sind diese Maßnahmen jedoch nur noch unzureichend erfolgversprechend. Daher sind solche Deformitäten am ehesten durch eine Therapie mit einer individuellen Kopforthese zu korrigieren (Paquereau 2013).

Bedingen lagebedingte Schädeldeformitäten Malokklusionen?

Diese Frage drängt sich bei der Betrachtung eines Kindes mit lagebedingter Schädeldeformität auf, da neben der frontalen Abflachung der Stirn und der kontralateralen Abflachung occipital, häufig ein Versatz der Ohren in der Transversalebene, der sog. ear shift, besteht. Da sich die Position der Kiefergelenksköpfchen unmittelbar vor den Ohren befindet, liegt es nahe, dass eine Verschiebung dieser auch zu einer Verschiebung der Kiefergelenksköpfchen auf dieser Seite nach ventral führen kann. Dies bedingt wiederum eine Auslenkung der Unterkieferfrontzahnregion und der kontralateralen Seitenzähne nach lateral. Diese Verschiebung zur Gegenseite kann sich in einem Kreuzbiss auf der kontralateralen Seite manifestieren.



Abb. 8: links: ear shift bei schwerer Form der Plagiocephalie; rechts Mittellinienverschiebung nach links und Kreuzbiss links (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Uniklinikum Gießen)

Malokklusionen sind Störungen der dentalen Verzahnung. Diese können sowohl die sagittale, transversale oder vertikale Dimension betreffen. Die sagittale Dimension des Bisses wird durch die Angle Klassifikation definiert. Die Angle Klasse I beschreibt dabei den Neutralbiss, die Klasse II den Distalbiss und die Klasse III den Mesialbiss. Klasse II wird weiterhin in die Klasse II/1 und II/2 unterteilt. Klasse II/1 bedeutet dabei eine Distalbiss mit Proklination der Oberkieferfrontzähne, Klasse II/2 ein Distalbiss mit Retroklination der Oberkieferfrontzähne (Angle 1899).

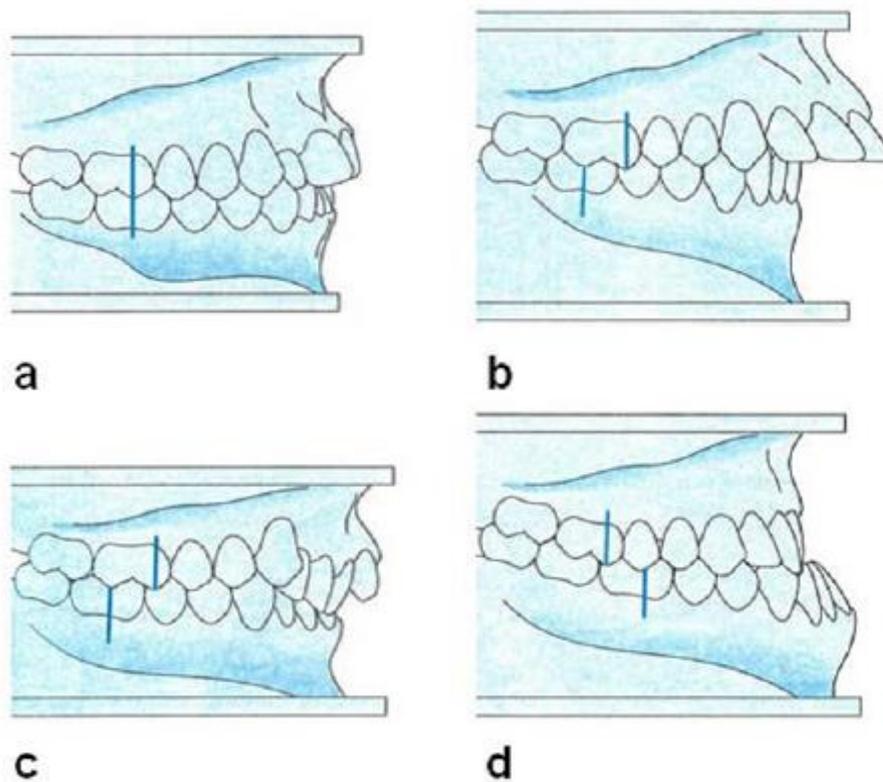


Abb. 9: Bestimmung der sagittalen Dimension des Bisses. a= Angle Klasse I; b= Angle Klasse II/1, c= Angle Klasse II/2; d= Angle Klasse III. (Quelle: Groschopp 2017)

Die vertikale Dimension des Bisses am bezahnten Patienten wird unter anderem durch den Overbite beschrieben. Der Overbite ist der Abstand der Inzisalkanten der oberen Inzisivi zu den Inzisalkanten der unteren Inzisivi. Zu den vertikalen Bissanomalien zählen unter anderem der Deckbiss sowie der offene und tiefe Biss (Klemann 2006).

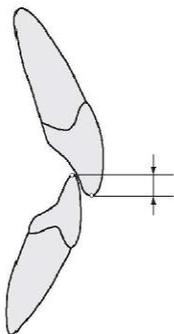


Abb. 10: Graphische Darstellung des Overbite. (Quelle: Klemann 2006)

Die transversalen Bissanomalien sind unter anderem der Kreuz-, Kopf- und Scherenbiss. Weiterhin wird die Mittellinienverschiebung dazugezählt. Beim Kreuzbiss greifen die lingualen Höcker der Unterkieferseitenzähne in die zentrale Fissur der

Oberkieferseitenzähne.

Die transversale Dimension wird entscheidend durch die Stellung des Kiefergelenksköpfchens in der Fossa temporalis bzw. der Stellung beider Kiefergelenke zueinander bestimmt (Türp, J C, Schindler, H J et al. 2006). Der Kreuzbiss ist die häufigste Form der Malokklusion bezogen auf die transversale Dimension. Die Prävalenz beträgt 8-22 %. Dieser kann durch Umwelt oder genetische Faktoren bedingt sein. Die häufigste Form ist der funktionell unilaterale Kreuzbiss. Dieser macht einen Anteil von 80-97% aller Kreuzbisse aus (Andrade et al. 2009). Meist tritt er schon im Milchgebiss auf und korrigiert sich spontan nur in etwa 0-9% der Fälle. Dieser funktionell bedingte Kreuzbiss kann bei ausbleibender kieferorthopädischer Korrektur zu einer skelettalen Gesichtasymmetrie führen. Daher sollte eine kieferorthopädische Korrektur dessen angestrebt werden (Malandris und Mahoney 2004). Beißen die Unterkieferseitenzähne vollständig an den oberen vorbei, nennt man dies Scherenbiss (Groschopp 2017).

Einige Studien haben wiederholt einen Zusammenhang zwischen lagebedingten Schädeldeformitäten und Malokklusionen aufgezeigt (Lee et al. 2008), (St John et al. 2002), (Kane et al. 1996). In dieser Studie soll als Nebenzielparamester überprüft werden, ob lagebedingte Schädeldeformitäten eventuell mit einer erhöhten Prävalenz von Malokklusionen vergesellschaftet sind. Aufgrund der Vorstellung, dass durch die occipitale Abflachung das ipsilaterale Ohr nach ventral verschoben wird und damit auch das Kiefergelenksköpfchen in der Transversalebene nach ventral bewegt werden, soll insbesondere überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen Malokklusionen der transversalen Dimension und lagebedingten Schädeldeformitäten besteht und ob hier ein Zusammenhang zwischen Seite der Malokklusion und Seite der occipitalen Abflachung besteht.

Mögliche Behandlungsformen von Schädeldeformitäten

Die Behandlungsmöglichkeiten von Schädeldeformitäten werden entscheidend durch deren Ätiologie bestimmt. Synostotisch bedingte Schädeldeformitäten bedürfen einer chirurgischen Behandlung. Zunächst sind eine detaillierte klinische Diagnostik und bildgebende Verfahren notwendig. In der Bildgebung sollte jedoch aus Strahlenschutzgründen zunächst die Sonographie routinemäßig durchgeführt werden. Nach Regelsberger et al. ist die alleinige Bildgebung mittels Ultraschall für isolierte Kraniosynostosen ausreichend (Regelsberger et al. 2006), (Fearon 2003). Nach Panchal et al. sollte eine 3-dimensionale Schnittbildgebung mittels CT oder MRT bei syndromalen Synostosen erfolgen, wenn der Verdacht einer intrakraniellen Pathologie vorliegt (Panchal und Uttchin 2003). Nach Wilbrand et al. ist eine Schnittbildgebung vor jeder operativen Maßnahme bei Kraniosynostosen, auch zur Planung des operativen Vorgehens, sinnvoll (Wilbrand et al. 2016). Die klinische Diagnostik sollte neben der anthropometrischen Vermessung des kindlichen Kopfes eine Vorstellung beim Augenarzt beinhalten. Es sollte eine Fundoskopie zum Ausschluss einer Stauungspapille, die Hinweise auf erhöhten Hirndruck gäbe, durchgeführt werden (Freudlsperger et al. 2013).

Im Gegensatz zur konservativen Kopfmodellation, wie sie bei lagebedingten Plagiocephalien durchgeführt wird, steht bei Kraniosynostosen die chirurgische Kopfmodellation im Vordergrund. Eine der ersten Beschreibungen zu chirurgischen Therapietechniken erfolgte durch Lane 1888, dieser führte eine Kraniektomie durch. Unabhängig von ihm führte Lannelongue 1890 ebenfalls die Osteotomie zweier Schädelnähte durch. Diese ersten chirurgischen Maßnahmen waren jedoch mit einer hohen Mortalität verbunden, weshalb die kraniofaziale Chirurgie zunächst lange Zeit keine Rolle spielte.

Im Laufe der Zeit kam es zur Verbesserung der OP-Technik unter anderem durch Faber und Town, welche 1924 ihrerseits die erste lineare Kraniektomie durchführten und dadurch sog. „Neosuturen“ schufen (David et al. 1982), (Junker 2002), (Faber 1927). Eine bedeutende Weiterentwicklung erfolgte durch Tessier, welcher die Technik der plastischen Remodellation des Hirn- und Gesichtsschädels erstmals beschrieb (Tessier 1967).

Der operative Eingriff zur Korrektur der synostotisch bedingten Schädeldeformität reicht dabei von der Suturektomie (Durchtrennung einzelner Suturen) über die Kraniektomie (Entfernung von Teilen des Schädels zur Umformung), die heutzutage ebenfalls in Kombination mit einer Helmtherapie durchgeführt wird bis zum kompletten Schädel-Remodeling. Zu den aktiven Techniken gehören Tranpositionsmodellierungen, die Visierplastik (Junker 2002), federunterstützte Distraktoren (Freudlsperger et al. 2013) oder auch das frontoorbitale Advancement (Tessier 1971).

Zur Therapie einer lagebedingten Schädeldeformität kommen Lagerungsmanöver, Krankengymnastik, Osteopathie oder individuell angefertigte Kopforthesen im Sinne eines multimodalen Therapiekonzeptes zum Einsatz (Paquereau 2013). Dieses sollte das Alter und die Schwere der Schädeldeformität berücksichtigen (Robinson und Proctor 2009).

Lagerungstherapie

Die Lagerung stellt die einfachste aller Therapiemöglichkeiten dar. Dabei wird mit Lagerungshilfen (Lagerungskissen, Handtücher, Spielzeug oder Mobile) eine Drehung des Kopfes in die gewünschte Position bewirkt. Eine spezielle Form der Lagerung stellt die sog. „tummy time“ dar (Mortenson et al. 2012). Unter „tummy time“ versteht man die beaufsichtigte Lagerung des Kindes auf dem Bauch. Das weitere Kopfwachstum soll dadurch in die entsprechend zu korrigierende Richtung gelenkt werden bzw. es soll eine weitere Belastung durch einseitige Lagerung auf ohnehin abgeflachte Schädelareale vermindern. Die Lagerungshilfen sollen die Schlafposition des Kindes stabilisieren. Dies kann mit Handtüchern erreicht werden, welche man zusammengerollt unter dem Rücken der Kinder platziert. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von speziellen Lagerungskissen, z.B. das Lagerungskissen Babydorm® der Firma Simonatal® oder Theraline®, Lagerungsschalen (PlagioCradl®) oder Keilkissen. Mit diesen kann die Position des Kopfes stabilisiert werden. Die Studienlage bezüglich der reinen Behandlung mit Lagerungshilfen ist nicht eindeutig. Nach Wilbrand et al. ist die Verwendung von

Lagerungskissen über einen kurzen Zeitraum in den ersten Lebensmonaten ebenso effektiv wie die Durchführung krankengymnastischer Übungen (Wilbrand et al. 2013). Laut Argenta et al. stellt die Lagerungstherapie vor allem bei Kindern mit einer mild ausgeprägten Schädeldeformität das bevorzugte Vorgehen dar (Argenta et al. 2004).



Abb. 11: Lagerungskissen (Quelle: <http://media.clevere-kids-shop.de/Artikelbilder/800px/DMSJ7A.jpg>)

Physiotherapie

Physiotherapie ist ein nicht invasives Behandlungskonzept lagebedingter Schädeldeformitäten. Durch Verbesserung der Kopfbeweglichkeit soll einerseits das Voranschreiten einer bestehenden lagebedingten Schädelasymmetrie verhindert werden, andererseits kann durch die Besserung der Beweglichkeit auch eine Besserung der Schädelasymmetrie bewirkt werden (Bialocerkowski et al. 2005), (van Vlimmeren et al. 2008), (Bialocerkowski 2008).

In Deutschland sind besonders die Physiotherapiekonzepte nach Vojta und Bobath zur Behandlung von Schädelasymmetrien etabliert. Die Therapie nach Vojta soll über die neuromuskuläre Stimulation zu einer Verbesserung der Beweglichkeit führen (Jung et al. 2017). Bei der Therapie nach Bobath wird über die Förderung der neuromuskulären Entwicklung ebenfalls eine Besserung der Beweglichkeit erreicht (Virginia Knox and Andrew Lloyd Evans).



Abb. 12: Krankengymnastik nach Vojta. (Quelle: <http://www.vojta.com/de/vojta-prinzip/vojta-therapie>)

Osteopathie

Die Osteopathie wird der Alternativmedizin zugeschrieben. Sie geht bis ins 19. Jahrhundert zurück. Osteopathie wurde erstmals durch Andrew Taylor Still beschrieben (Klein et al. 2011). Das Behandlungskonzept beruht auf einem Zusammenspiel von Nerven, Knochen, Blutbahnen und Gelenken. Der Körper wird als Einheit betrachtet. Der Osteopath soll ein Gleichgewicht herstellen und asymmetrische Bewegungs- und Belastungsmuster ausgleichen. Hauptanwendung ist die Behandlung von Rücken- und Nackenproblemen (Klein et al. 2011).

Nach einer Studie von Sergueef et al. ist die Osteopathie primär zunächst eine diagnostische Methode zur Erkennung eines erhöhten Risikos für die Entstehung einer lagebedingten Schädeldeformität bei Kindern (Sergueef et al. 2006). Nach Lessard et al. ist die Osteopathie eine echte konservative alternative Behandlungsmethode für eine lagebedingte Schädelasymmetrie (Lessard et al. 2011). Zur gleichen Erkenntnis kamen Amiel-Tison et al. in ihrer Studie (Amiel-Tison und Soyez-Papiernik 2008). Hohe wissenschaftliche Evidenz für die Eignung der Osteopathie zur Korrektur kindlicher Schädeldeformitäten existiert bislang jedoch nicht.

Helmtherapie

Besteht eine schwere Schädeldeformität oder ist das Alter des Kindes über den fünften Lebensmonat fortgeschritten, sodass Lagerungsmanöver oder Krankengymnastik allein nicht mehr erfolgversprechend sind, ist meist eine zusätzliche Therapie mit einer individuellen Kopforthese erforderlich, um eine vollständige Beseitigung der Schädelasymmetrie zu erreichen.

Hierbei wird das im ersten Lebensjahr maximal große kindliche Kopfwachstum für die Korrektur der Schädelasymmetrie ausgenutzt und in eine korrigierende Richtung gelenkt. Die ideale Zeitspanne zum Start der Therapie mit einer individuellen Kopforthese ist im 5.-6. Lebensmonat (Kluba et al. 2011). Wenn eine vollständige Beseitigung der Schädeldeformität angestrebt wird, gilt die Regel: „Je stärker die Ausprägung der Schädeldeformität, desto früher sollte mit der Behandlung begonnen werden“. In Fällen einer schweren Schädeldeformität kann die individuelle Therapieentscheidung lauten, früher, d.h. etwa ab dem 4. Lebensmonat mit einer individuellen Kopforthese zu beginnen (Kluba et al. 2011). Parallel hierzu sollte jedoch die myofunktionelle Beübung des Kindes fortgesetzt werden. Hierdurch soll neben der Schädelformkorrektur eine weitere Verbesserung der Beweglichkeit erreicht werden (Dörhage 2010a), (Loveday und Chalain 2001), (Moss 1997).

Diese Therapie mit individuell angefertigten Kopforthesen wurde erstmals 1979 von Clarren et al. beschrieben (Clarren et al. 1979). Am Universitätsklinikum Gießen werden seit 1995 Kinder mit lagebedingten Schädeldeformitäten erfolgreich mit individuell angefertigten Kopforthesen behandelt. Die individuelle Kopforthese bewirkt durch die gezielte Wachstumslenkung eine Harmonisierung der Kopfform (Blecher und Howaldt 1998). Die mittlere Behandlungsdauer wird in der Literatur mit 4-6 Monaten angegeben (Teichgraeber et al. 2004).

Mögliche Nebenwirkungen der Kopforthesentherapie können zum Beispiel Druckstellen oder Hautreizungen im Bereich der Kopfhaut sein. Dies wird durch zu engen Sitz des Helmes bzw. durch die zur Reinigung des Helmes verwendete Lösung verursacht. Weiterhin zeigt sich gelegentlich ein insuffizienter Sitz der

Kopforthese (dies ist teils durch die starke Kopfverformung nicht zu verhindern) und Hautinfektionen, wie z.B. eine Impetigo contagiosa. Prinzipiell sind auftretende Komplikationen durch die Kopforthesentherapie jedoch gut zu beherrschen. Diese Maßnahmen umfassen strengere Hygiene, Applikation lokaler Antibiotika, gegebenenfalls Orthesenkarenz und bei Vorliegen von Druckstellen eine erneute Anpassung der Orthese. Sehr selten ist bei schlechtem Sitz eine Neuanfertigung der Orthese notwendig (Wilbrand et al. 2012b).



Abb. 13: Behandlung mit einer individuellen Kopforthese der Firma Cranioform® (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie des Uniklinikums Gießen)

Indikation zur Behandlung mit einer individuellen Kopforthese

Die Indikation zur Behandlung eines Kindes mit einer individuellen Kopforthese wird hauptsächlich anhand zweier Kriterien gestellt:

1. dem Alter des Kindes,
2. den erhobenen Messwerten bei der anthropometrischen Vermessung des Kopfes.

Eine weitere relative Indikation zur Therapie stellt der Wunsch der Eltern des Patienten dar. Nach Erhebung der Messwerte und dem Alter des Kindes wird die geeignete Therapie festgelegt. Bei diesen erhobenen Messwerten ist für die Plagiocephalien die absolute Differenz der Diagonalen A und B wichtig. Die Differenz wird als CVA (Cranial Vault Asymmetrie) bezeichnet. Weiterhin ist der von Loveday definierte CVAI (Cranial Vault Asymmetrie Index) wichtig. Dieser macht eine Aussage über das Verhältnis der Diagonalen zueinander. Bei Vorliegen einer Brachycephalie wird die Behandlungsindikation im Wesentlichen durch den erhobenen CI (Cranial Index) bestimmt. Dieser gibt das Verhältnis der Kopflänge zur Kopfbreite wieder (Loveday und Chalain 2001).

Nach Loveday et al. liegt eine signifikante Asymmetrie vor, wenn der CVAI größer 3,5 % ist (Loveday und Chalain 2001). Bei Moss et al. besteht eine Behandlungsindikation mit einem Helm, wenn der CVA 12 mm und mehr beträgt. Dies bedeutet, dass eine moderate bis schwere Schädelasymmetrie vorliegt (Moss 1997). Der Normbereich des CI liegt zwischen 75-85%. Beträgt der CI mehr als 85 %, liegt eine Brachycephalie vor (Loveday und Chalain 2001).

In der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen wird die Indikation zur Behandlung mit einer individuellen Kopforthese durch die erhobenen Messwerte für CVA, CVAI und CI gestellt. Weiterhin werden das klinische Erscheinungsbild, der Wunsch der Eltern sowie das Alter des Kindes mit in die Betrachtung einbezogen (Wilbrand et al. 2012a). Die Schwere der Plagiocephalien wird anhand des CVA eingeteilt (siehe Tabelle 2). Die Therapie mit einer individuellen Kopforthese wird ab einem CVA von 1,0 cm empfohlen. Das klinische Erscheinungsbild und der Wunsch der Eltern werden jedoch auch für individuelle Therapieentscheidungen berücksichtigt. Dies kann zur Folge haben, dass keine Therapie

durchgeführt wird, obwohl eine Behandlungsindikation besteht (Wilbrand et al. 2011).

Liegt eine isolierte Brachycephalie vor, wird dann mit der Therapie begonnen, wenn der CI 97 % und mehr beträgt. Dies bedeutet, dass der Kopf annähernd genauso lang wie breit ist. Weiterhin werden das klinische Erscheinungsbild und das Alter des Kindes in die Therapieentscheidung mit einbezogen.

Das Alter des Kindes fließt folgendermaßen in die Therapieentscheidung ein: Sollten die Patienten sehr jung sein, wird zunächst die Behandlung mit Lagerungsmanövern, Krankengymnastik und Osteopathie begonnen. Dies ist bis zu einem Alter von 4-5 Monaten möglich (Blecher et al. 2012). Es muss jedoch auch das Ausmaß der Schädelasymmetrie berücksichtigt werden. Sollte die Ausprägung der Schädelasymmetrie sehr stark sein, sollte eher früher begonnen werden, um eine vollständige Korrektur zu erreichen. Nach Dörhage et al., Kluba et al., Linz et al und Lee et al. ist die Behandlungszeit gegenüber einem spätem Beginn signifikant verkürzt (Dörhage et al. 2016), (Kluba et al. 2016), (Linz et al. 2018), (Lee et al. 2018). Das ideale Lebensalter, um die Therapie mit einer individuellen Kopforthese zu beginnen, wird in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen etwa zwischen dem 5. und 7. Lebensmonat gesehen.

Spontane Besserung durch Wachstum?

Verschiedene Autoren kamen in der Vergangenheit zu dem Ergebnis, eine lagebedingte Schädeldeformität würde sich alleine durch Lagerungsmanöver, Krankengymnastik und Osteopathie behandeln lassen.

In der ersten Studie von Loveday et al. aus dem Jahre 2001, in welcher 74 Probanden untersucht wurden, erfolgte die Zuteilung der Probanden entweder in den Therapiearm krankengymnastische Beübung oder Behandlung mit individueller Kopforthese. Es zeigte sich, dass beide Therapieformen zu gleichen Ergebnissen im Hinblick auf die Korrektur der Kopfform führten (Loveday und Chalain 2001).

In einer zweiten Studie von Hutchison et al. aus dem Jahre 2011 untersuchten diese insgesamt 129 Kinder im Alter von 3,25-4,75 Jahren nach, bei welchen im Säuglingsalter eine lagebedingte Schädeldeformität diagnostiziert wurde. Es konnte festgestellt werden, dass es zu einer deutlichen Verbesserung der Kopfform im Laufe des weiteren Wachstums gekommen ist. Allerdings gab es in 39% der Fälle keine Normalisierung, sondern nur eine Verbesserung (Hutchison et al. 2011).

In der Arbeit von van Wijk et al. aus dem Jahr 2014 wurden 84 Kinder randomisiert und dem Therapiearm Helmtherapie oder krankengymnastische Beübung zugeteilt. Auch in dieser Studie zeigten sich beide Therapiearme gleichwertig.

Vor allem aufgrund dessen, dass die klinische Erfahrung in der Gießener „Helmsprechstunde“ dieser Studienlage vollkommen widerspricht, wurde die hier vorliegende Arbeit initiiert, um insbesondere die Frage zu klären, ob durch das physiologische Wachstum des Kopfes etwa bis zur Einschulung der Kinder eine spontane Besserung einer im Säuglingsalter einmal festgestellten Schädeldeformität erfolgt.

Zielsetzung der Arbeit

Die Idee, eine Studienmaßnahme durchzuführen, die die Kopfform von Kindern, die eine Helmtherapie erhalten hatten, mit denjenigen Kindern vergleichen sollte, die keine Helmtherapie erhalten hatten, entstand aufgrund verschiedener publizierter Artikel in internationalen Journalen, die postulierten, dass alternative Therapien wie krankengymnastische Behandlung, Osteopathie, Lagerung oder eine Kombination aus vorgenannten Behandlungen zu einer ebensolchen Normalisierung der Schädelform führen sollte wie eine Kopforthesentherapie (Hutchison et al. 2011), (Loveday und Chalain 2001). Im Jahr 2014 wurden die Ergebnisse der ersten randomisierten Studie zum Vergleich Kopforthese vs. Krankengymnastik publiziert. Hierin kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass eine krankengymnastische Therapie in gleichen Maße wie eine Kopforthesentherapie Schädelasymmetrien korrigiere (van Wijk et al. 2014).

Unserer klinischen Erfahrung nach ist es möglich, milde Schädelasymmetrien mit frühzeitiger krankengymnastischer Beübung zu normalisieren. Besteht jedoch eine schwere Schädelasymmetrie, kann unseren Beobachtungen nach keine komplette Normalisierung der Kopfform mehr erreicht werden.

In dieser Arbeit sollte deshalb mit ausreichender wissenschaftlicher Evidenz dargelegt werden,

1. ob sich Schädeldeformitäten auch im spontanen Verlauf und durch das physiologische kindliche Kopfwachstum bis zum Einschulungsalter normalisieren und
2. ob in frühem Kindesalter mittels Kopforthese korrigierte Schädeldeformitäten bis zum Schuleintritt stabil sind und
3. ob die Messmethoden, die zur Erfassung kindlicher Schädeldeformitäten am Gießener Universitätsklinikum benutzt werden, äquivalente Ergebnisse liefern.

2. Material und Methode

Methoden

In Absprache mit der AG Statistik des Instituts für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität wurde zunächst entschieden, dass eine Gruppenstärke von n=40 Patienten pro Vergleichsgruppe erreicht werden sollte, um eine ausreichende Power unserer statistischen Auswertung zu erreichen. Es wurde entschieden, dass sich die Probanden zwischen Januar 2006 und Dezember 2008 in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Gießen vorgestellt haben sollten.

Insgesamt identifizierten wir für diesen Zeitraum 1294 Patienten. Nach Anwendung der Einschlusskriterien kamen 1162 für die Studie in Frage. Es erfolgte die Zuordnung der Probanden zu den jeweiligen Gruppen (Gruppe 1: behandelt n = 772 Kinder; Gruppe 2: unbehandelt n = 390 Kinder). Nachdem alle Patienten schriftlich über die Studienmaßnahme informiert und zu einer Wiedervorstellung eingeladen worden waren, stellten sich zunächst aus Gruppe 1 lediglich 15 Probanden (1,9%) zur Nachuntersuchung vor. Durch telefonische Kontaktaufnahme gelang es, weitere 25 Probanden aus dieser Gruppe für die Studie zu gewinnen. Damit konnten 40 Probanden (5,2%; 28 Jungen und 12 Mädchen) für die Follow-up-Untersuchung aus der Gruppe der behandelten Kinder gewonnen und in die Studie eingeschleust werden.

Von denjenigen Kindern, die keine Therapie mit einer individuellen Koporthese erhalten hatten und mindestens eine milde Schädeldeformität aufwiesen, (insgesamt 390 Kinder) stellten sich zunächst 17 Probanden zur Nachuntersuchung vor (4,3%). Durch nochmalige fernmündliche Kontaktaufnahme gelang es, weitere 24 Probanden für die Studie zu gewinnen. Damit stellten sich insgesamt 41 nicht behandelte Probanden (10,5%; 21 Jungen und 20 Mädchen) zu der Follow-up-Untersuchung in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen vor.

	Helmtherapie			keine Helmtherapie		
	min	median	max	min	median	max
CI in %	68,3	95,7	120,5	74,5	94,2	115,2
CVA in cm	0	1,6	4,1	0	1	4,1
CVAI in %	0	12,9	36,9	0	7,4	39,4

Tabelle 4: Übersicht über die Merkmalsausprägungen CI, CVA und CVAI in beiden Gruppen der Grundgesamtheit bei Erstvorstellung

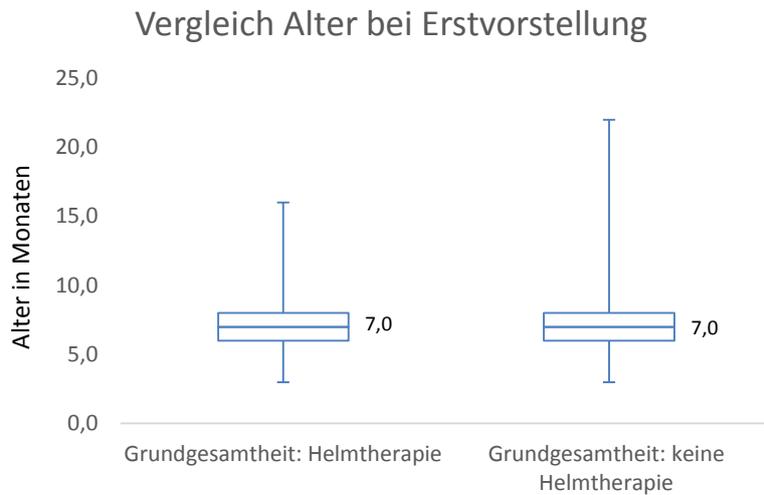


Abb 14: Medianes Alter der Kinder in beiden Gruppen der Grundgesamtheit bei Erstvorstellung

Die Eltern der Studienteilnehmer mussten der Verwendung der erhobenen Daten zustimmen, dies wurde mit einer standardisierten Einverständniserklärung dokumentiert. Die Studie wurde vorab von der Ethikkommission der Justus-Liebig-Universität mit einem positiven Votum belegt (AZ 49/11) und für die teilnehmenden Probanden wurde eine Wegeversicherung abgeschlossen (Vers.Schein Nr. 50 033 398/727 Ecclesia Miltenberger Hospital).

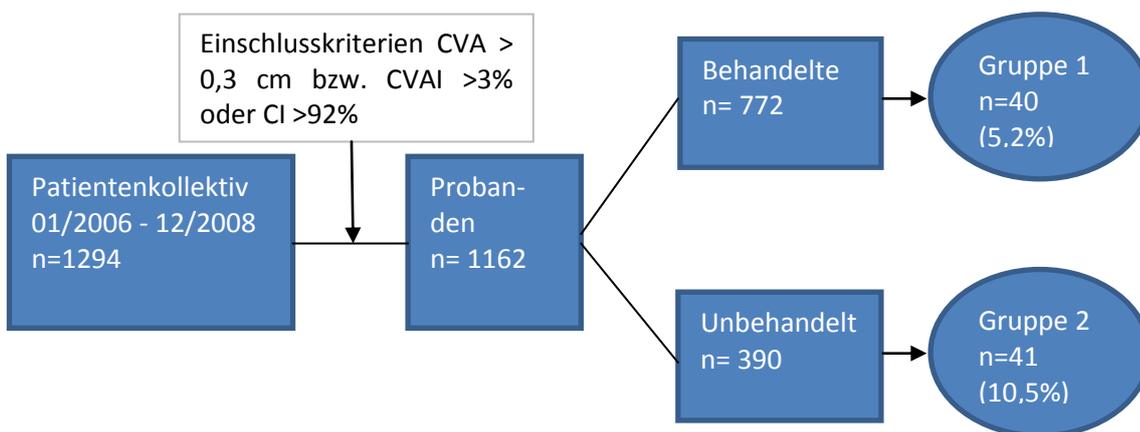


Abb. 15: Überblick zur Erstellung der Studienkohorte

Einschlusskriterien

Haupt-Einschlusskriterium war das Vorliegen einer lagebedingten Schädeldeformität. Diese sollte mindestens von einer milden Ausprägung sein, d.h. CVA $>0,3$ cm bzw. CVAI > 3 % und / oder CI > 92 %. Weiterhin musste diese im Rahmen der Helmsprechstunde in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie durch einen trainierten Untersucher diagnostiziert worden sein.

Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden jene Probanden, welche keine lagebedingten Schädeldeformitäten aufwiesen oder sich nicht zur geplanten Follow-up-Untersuchung vorstellten. Ebenso wurden Kinder mit dem klinischen Bild einer Kraniosynostose von der Studienteilnahme ausgeschlossen.

Patientenkollektiv

Zunächst erfolgte die retrospektive Auswertung der jeweiligen Patientenakten aus der Helmsprechstunde zwischen Januar 2006 und Dezember 2008. Es wurden die erhobenen Messwerte für Kopfumfang, Kopflänge, Kopfbreite und die Diagonalen A und B zum Zeitpunkt der Erstvorstellung ermittelt. Weiterhin erfolgte die Berechnung des CVA und CVAI aus diesen Werten. Ebenso wurden Alter bei Diagnosestellung und Geschlecht der Probanden festgehalten.

In Gruppe 1 wurden 3 Messzeitpunkte definiert:

1. die Erstuntersuchung,
2. die Basisuntersuchung und
3. die Nachuntersuchung.

Den Zeitpunkt der **Erstuntersuchung** stellt in dieser Gruppe die Erstvorstellung in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen dar. Die **Basisuntersuchung** stellt in Gruppe 1 den Zeitpunkt dar, an welchem die Helmtherapie beendet wurde. Die **Nachuntersuchung** stellt in dieser Gruppe den Zeitpunkt der 5-Jahres-Follow-up-Untersuchung dar. Die Messwerte zum Zeitpunkt Erstuntersuchung und Basisuntersuchung wurden durch verschiedene, erfahrene Untersucher erhoben. Die Messwerte am Zeitpunkt 5-Jahres-Follow-up Untersuchung wurden einfach verblindet durch 2 erfahrene Untersucher anhand eines zuvor standardisierten anthropometrischen Messverfahrens erhoben.

In Gruppe 2 wurden zwei Kopfvermessungsreihen durchgeführt: Als **Basisuntersuchung** wurde jener Zeitpunkt definiert, an welchem entschieden wurde, keine Therapie mit einer individuellen Kopforthese durchzuführen. Die **Nachuntersuchung** stellt, wie in Gruppe 1, den Zeitpunkt der 5-Jahres-Follow-up-Untersuchung dar.

Die Erhebung der Messwerte erfolgte zum Zeitpunkt der Basisuntersuchung durch unterschiedliche, erfahrene Untersucher. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde die Vermessung durch 2 erfahrene Untersucher durchgeführt.

Erhobene Messwerte

Bei beiden Gruppen erfolgte jeweils zum Zeitpunkt der Erstvorstellung die Durchführung einer anthropometrischen Zirkelmessung, bei welcher der Schädelumfang, die Schädelbreite, Schädellänge und die beiden Schädeldiagonalen (Diagonalen A und B) gemessen wurden. Dies wurde nach einer standardisierten Messmethode durchgeführt (Wilbrand et al. 2011), (Farkas 1994). Die Messung des Schädelumfangs erfolgte mittels Maßband. Die Schädelbreite, Schädellänge sowie die Schädeldiagonalen wurden mit anthropometrischem Messzirkel (Aesculap®, Tuttlingen, Deutschland) erhoben.



Abb. 16: Durchführung anthropometrische Schädelmessung mit Maßband und Messzirkel. (Quelle: Wilbrand et al. 2011)

Es wurde nun die statistische Auswertung der erhobenen Messwerte zu den verschiedenen Messzeitpunkten durchgeführt. Damit sollten folgende Hypothesen bestätigt oder verworfen werden:

1. In der Gruppe der Kinder, welche mit einer individuellen Koporthese behandelt wurden, ist nach Abschluss der Therapie keine weitere Veränderung der Schädelasymmetrie eingetreten. Hierzu wurden die Messdaten, welche bei der Basisuntersuchung in Gruppe 1 erhoben wurden, mit denen der Nachuntersuchung verglichen.

2. In der Gruppe, welche keine Therapie mit einer individuellen Kopforthese erhalten haben, ist eine spontane Besserung beziehungsweise Normalisierung der Schädeldeformität eingetreten. Hierzu wurden die Messdaten der Basisuntersuchung in Gruppe 2 mit denen der Nachuntersuchung verglichen.

3. Um zu erkennen ob die Häufigkeitsverteilung von Malokklusionen in beiden Gruppen unterschiedlich ist, wurde bei allen 81 nachuntersuchten Kindern die sagittale, transversale und vertikale Kieferrelation bestimmt.

4. Der im Rahmen der Nachuntersuchung durchgeführte 3D-Scan weist die gleiche Genauigkeit wie die erhobenen anthropometrischen Zirkelmessungen auf. Hierzu werden die gewonnenen Messdaten der anthropometrischen Zirkelmessung mit den Messdaten des 3D-Scans verglichen.

3D Fotogrammetrie

In beiden Gruppen wurde zum Zeitpunkt der 5-Jahres-Follow-up-Untersuchung eine anthropometrische Schädelmessung mit Maßband und Messzirkel durchgeführt. Weiterhin erfolgte zu diesem Zeitpunkt in beiden Gruppen eine 3D-fotogrammetrische Erfassung der Kopfform. Diese wurde mit einem Fotoscanner der Firma Canfield (Vectra Five-Pod, Canfield, Fairfield, New Jersey, USA) durchgeführt.

Anhand dieser Aufnahmen kann ebenfalls die Auswertung der o.g. anthropometrischen Parameter (Umfang, Länge, Breite etc.) halbautomatisiert erfolgen, indem vom Untersucher verschiedene Messpunkte auf der 3D-Oberfläche markiert werden und nachfolgend eine Software-gestützte Berechnung der Messwerte erfolgt.

Diese halbautomatisierte Auswertung erfolgte mit dem Programm Cranioform Analytics 3.0 ® (Cranioform AG, Alpnach, Schweiz).

Der Vergleich der im Rahmen dieser Untersuchungsmethode gefundenen Messgrößen mit den Messgrößen der standardisierten Zirkelmessungen erfolgte mittels Bland-Altman-Verfahren.

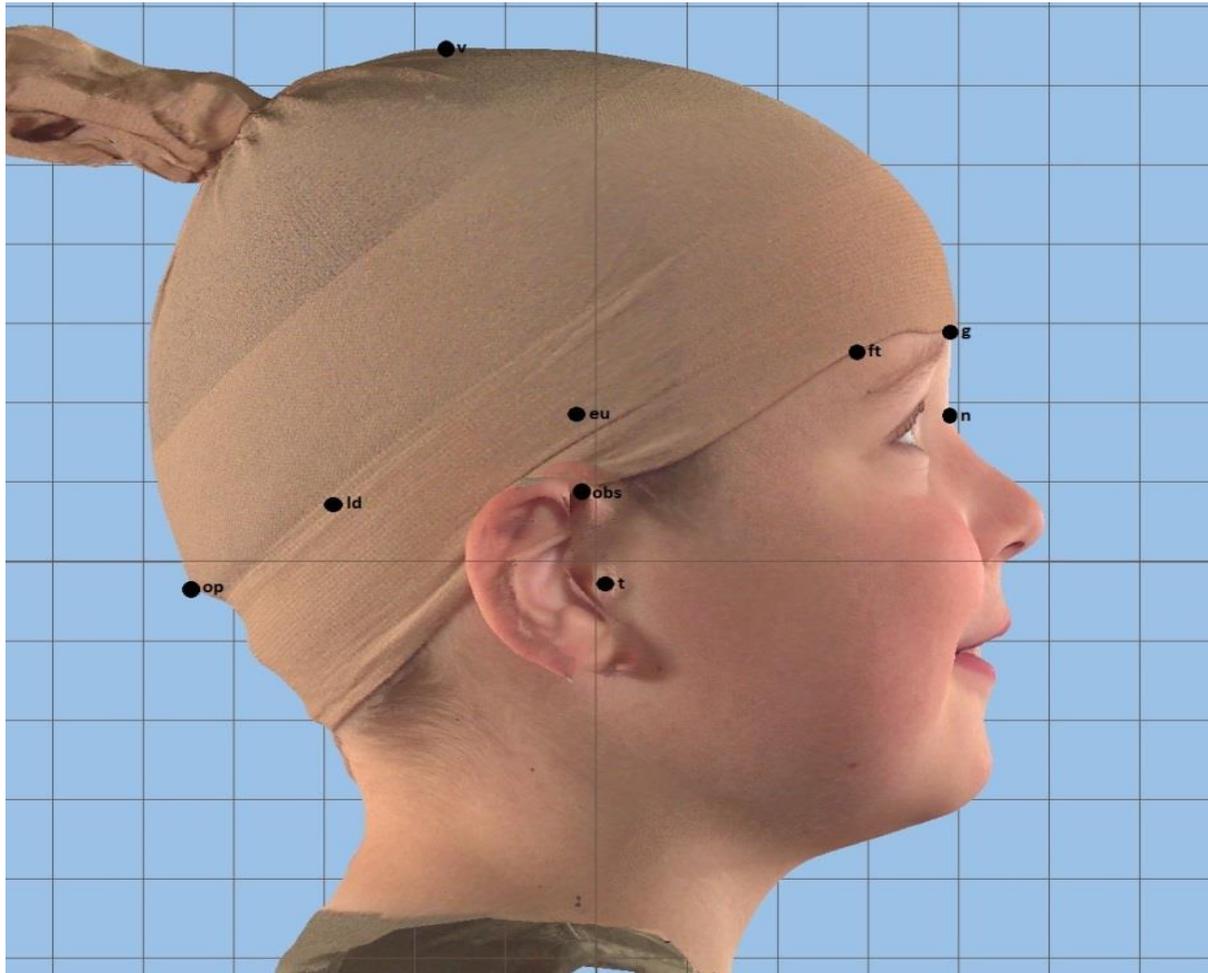
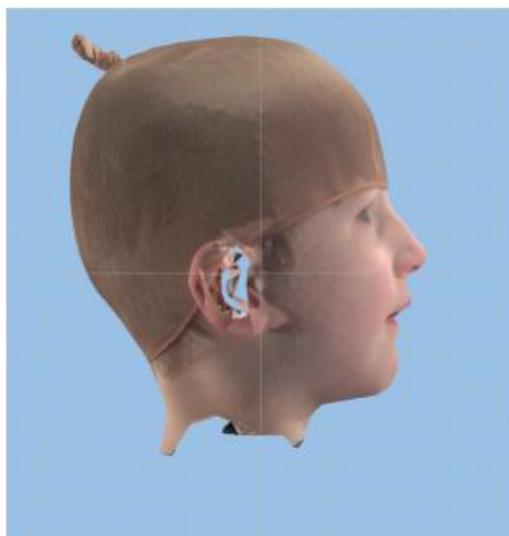


Abb. 17: Messpunkte zur anthropometrischen Schädelmessung (op - opisthocranium, ld - lamboid, t - Tragus, obs – otobasis superior, eu - eurion, ft - frontotemporal, n -Nasion, V – Vertex) (Quelle: Cranioform Analytics 3.0 Software; Cranioform AG, Alpnach, Schweiz)



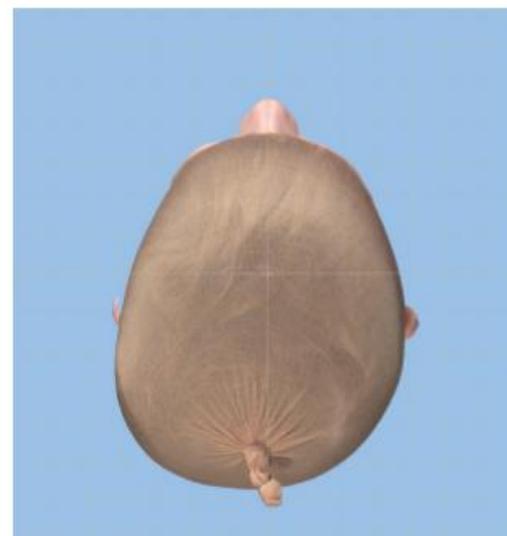
Abb. 18: Canfield Vectra Five - Pod 3D Scanner. (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Uniklinikums Gießen)



patient name



capture date



report date

Slice	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Circumference	53,8	57,3	53,0	52,9	51,8	51,6	51,2	50,5	49,0	46,2	41,8	36,3	CBW	12,6
Width	12,6	13,4	13,8	14,0	14,1	14,0	13,7	13,4	12,8	12,0	10,8	8,9	N-Tr L	10,1
Length	17,8	19,2	18,8	18,1	17,6	17,5	17,3	17,0	16,4	15,6	14,1	12,3	N-Tr R	10,4
CI Index	70,8	69,8	73,4	77,3	80,1	80,0	79,2	78,8	78,0	76,9	76,6	72,4	Ear Offset	0,5
30° Diagonal A	16,0	16,1	16,0	15,8	16,6	16,5	16,4	16,3	15,8	14,9	13,3	10,8	Vertex Height	12,6
30° Diagonal B	16,9	17,0	17,1	16,7	17,6	17,6	17,5	17,3	16,8	15,8	14,3	12,0	ASR	0,958
30° Diagonal Δ	0,9	0,9	1,1	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	1,0	1,2	PSR	0,832
30° CVAI	5,6	5,6	6,9	5,7	6,0	6,7	6,7	6,1	6,3	6,0	7,5	11,1	ACAI	4,4
Diagonal mod A	17,0	17,5	17,2	16,7	16,6	17,1	16,7	16,5	16,1	14,9	13,3	11,6	PCAI	20,3
Diagonal mod B	17,6	18,2	17,9	17,2	17,6	17,8	17,6	17,3	16,8	15,8	14,3	12,2	Q1 Volume	375,5
Diagonal mod Δ	0,6	0,7	0,7	0,5	1,0	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9	1,0	0,6	Q2 Volume	359,7
CVAI mod	3,5	4,0	4,1	3,0	6,0	4,1	5,4	4,8	4,3	6,0	7,5	5,2	Q3 Volume	630,3
RSI	39,8	48,4	44,9	46,8	48,8	50,6	55,0	57,3	55,2	56,8	60,6	70,8	Q4 Volume	758,0

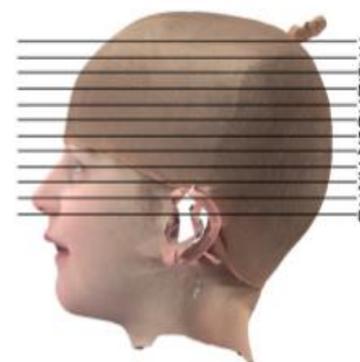


Abb.19: Auswertung des 3D Fotoscans mit der Cranioform Analytics 3.0 Software. (Quelle: Cranioform AG, Alpnach, Schweiz)

Weitere Untersuchungsparameter

Malokklusionen

Ob anamnestisch eine kieferorthopädische Behandlung bei den Probanden durchgeführt wurde, wurde nicht eruiert. Zur Bestimmung der Häufigkeitsverteilung von Malokklusionen erfolgte eine nicht invasive klinische Untersuchung der Probanden.. Zunächst wurde die sagittale Dimension des Bisses (Mesial-, Distal- oder Neutralokklusion) durch eine klinische Untersuchung bestimmt. Im Idealfall wurde diese an den ersten bleibenden Molaren festgelegt, falls diese vorhanden waren. Waren diese noch nicht vorhanden, erfolgte die Bestimmung analog den Kriterien der Angle-Klassifikation des bleibenden Gebisses. Der Leeway Space wurde dabei nicht berücksichtigt. Es wurde weiterhin die transversale und vertikale Dimension des Bisses untersucht. Hierbei wurde insbesondere darauf geachtet, ob ein Kreuzbiss, eine Mittellinienverschiebung, ein tiefer oder offener Biss vorlag. Zur Bestimmung der Mittellinienverschiebung wurde zunächst die Gesichtsmitte bestimmt. Danach wurde der Abstand der Mitte zwischen den unteren beiden Inzisivi und den oberen Inzisivi vermessen. Auf diesem Wege unterschieden wir zwischen: 1. Neutralokklusion, 2. Malokklusion.

Die Zuordnung zur Hauptgruppe Neutralokklusion erfolgte, wenn eine Neutralokklusion im Sinne einer Angle- Klasse I Verzahnung vorlag.

Die Zuordnung zur Gruppe Malokklusion erfolgte:

1. wenn eine Mesial- oder Distalokklusion mit oder ohne Mittellinienverschiebung, Kreuzbiss, Scherenbiss, tiefer oder offener Biss bestand
2. wenn eine Neutralokklusion mit Mittellinienverschiebung, Kreuzbiss, Scherenbiss, tiefer oder offener Biss bestand.

Wenn bei unseren Probanden eine Mittellinienverschiebung oder ein Kreuzbiss vorlag, wurde eruiert, ob die occipitale Abflachung kontra- oder ipsilateral bestand. Es wurde eine deskriptive statistische Auswertung durchgeführt.

Andere Parameter

Die Eltern wurden befragt ob eine Therapie zur sprachlichen oder motorischen Förderung durchgeführt wurde. Hierüber soll objektiviert werden ob bei den Kindern Entwicklungsverzögerungen in diesen Gebieten vorhanden waren oder sind. Es wurde dokumentiert ob logopädische oder ergotherapeutische Maßnahmen durchgeführt wurden.

Weiterhin wurde erfragt, ob alternative Therapien (wie Krankengymnastik, Osteopathie und Lagerung) zur Verbesserung der Schädeldeformität durchgeführt wurden. Es wurden die 4 Hauptgruppen gebildet: Krankengymnastik, Osteopathie, Lagerungsmanöver und Andere. Wurde keine alternative Therapie durchgeführt, wurden diese nicht berücksichtigt. Es wurde nicht berücksichtigt, von welcher Dauer diese Therapien waren, da dies retrospektiv nicht eindeutig zu eruieren war und auch keine exakten Vorgaben zur Durchführung der alternativen Therapien bestanden.

Auswertung der erhobenen Daten

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe für medizinische Statistik am Institut für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen. Zunächst wurden die Stichproben auf Normalverteilung für jede einzelne Variable überprüft. Dies erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnov- und dem Shapiro-Wilk-Test.

Weiterhin erfolgte die Überprüfung der Daten auf Vorliegen von Strukturgleichheit. Dies wurde mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests und des Median-Tests durchgeführt. Danach erfolgte die Varianzanalyse und Kovarianzanalyse mit Messwiederholung auf einem Faktor für die Merkmale CI, CVA und CVAI der Zirkelmessungen. Werte für $p < 0,05$ wurden als statistisch signifikant definiert. Es erfolgte die Bildung und Angabe des Medians mit Angabe der minimalen und maximalen Werte und des Mittelwertes mit Standardabweichung für die jeweiligen Messparameter. Die Auswertung der Daten erfolgte mit SPSS Version 20 (IBM SPSS GmbH, München, Deutschland).

Die Auswertung der zusätzlich durchgeführten 3D-Scans erfolgte mit der Cranioform Analytics 3.0-Software. Nach einer Arbeit von Schaaf et al. aus dem Jahr 2010 wird die Inter- und Intrauntersuchersvariabilität bei Auswertung der 3D Scans mit 0,26-0,28 cm angegeben (Schaaf et al. 2010). Der Vergleich der erhobenen Werte für Kopfumfang, Kopflänge, Kopfbreite und die Diagonalen A und B aus der Ebene 5 des 3D-Scans mit den anthropometrischen Zirkelmessungen erfolgte mit dem Bland-Altman-Verfahren.

3. Ergebnisse

Zusammensetzung der Gruppen

Geschlechterverteilung

An der Studie nahmen insgesamt 81 Probanden teil. In Gruppe 1 befanden sich 40 Probanden, 28 männliche (70 %) und 12 weibliche (30 %). Dies entspricht in etwa der in der Literatur angegebenen Geschlechterverteilung für das Auftreten lagebedingter Schädeldeformitäten (Bialocerkowski et al 2008). In Gruppe 2 befanden sich 41 Probanden, 21 (51 %) männliche und 20 weibliche (49 %). Damit waren die Gruppen hinsichtlich der Geschlechtsverteilung signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$).

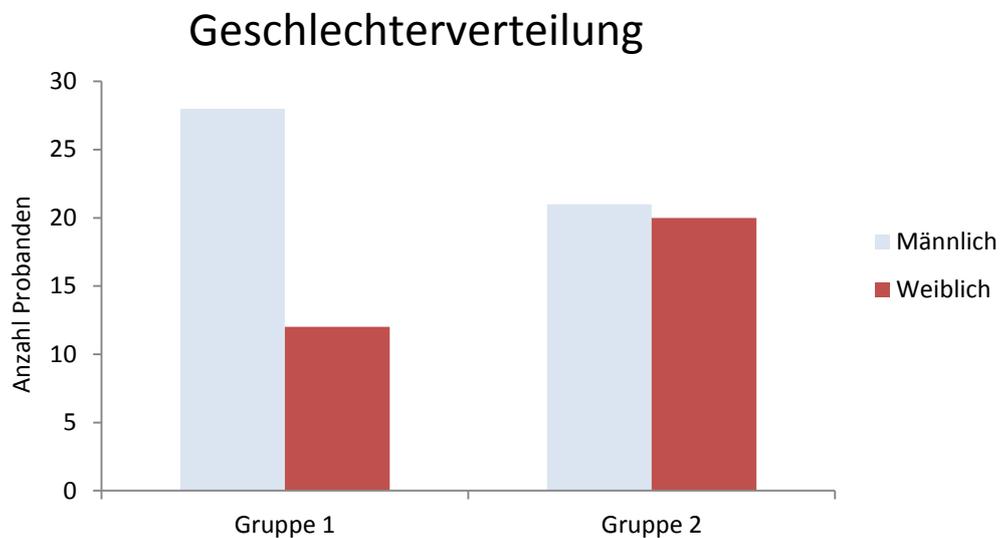


Abb. 20: Geschlechterverteilung in beiden Gruppen

Altersverteilung zum Zeitpunkt der Erst- und Basisuntersuchung

In Gruppe 1 lag das Alter bei Erstvorstellung im Median bei 7,1 Monaten, in Gruppe 2 bei 6,9 Monaten. Dies zeigt, dass beide Gruppen zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung im Hinblick auf das Alter Strukturgleichheit aufwiesen.

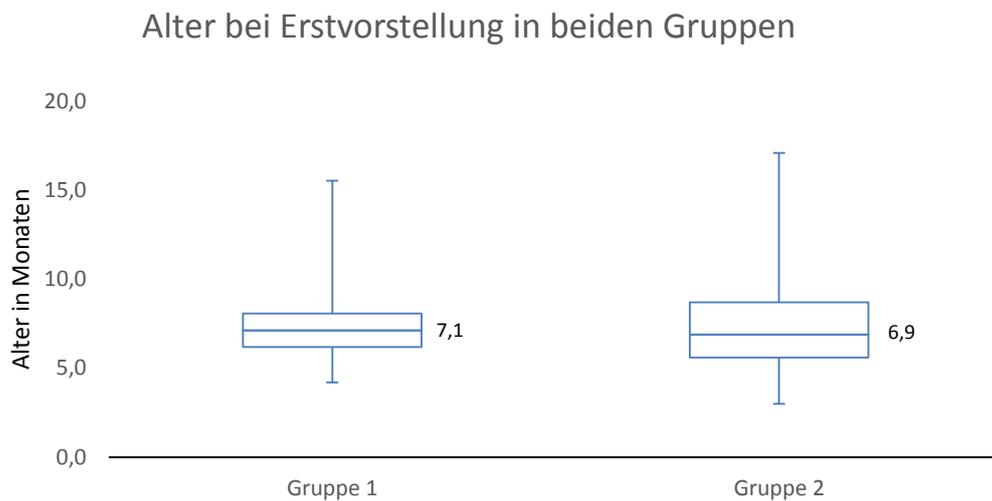


Abb. 21: Alter in Monaten bei Erstvorstellung in beiden Gruppen

Zum Zeitpunkt der Basisuntersuchung lag das Alter in Gruppe 1 im Median bei 12,2 Monaten und in Gruppe 2 bei 6,9 Monaten. Es soll noch einmal vergegenwärtigt werden, dass die Basisuntersuchung in Gruppe 1 jenen Zeitpunkt darstellt, an welchem die Helmtherapie abgeschlossen wurde. In Gruppe 2 war der Zeitpunkt der Erstvorstellung gleichbedeutend mit der Basisuntersuchung.

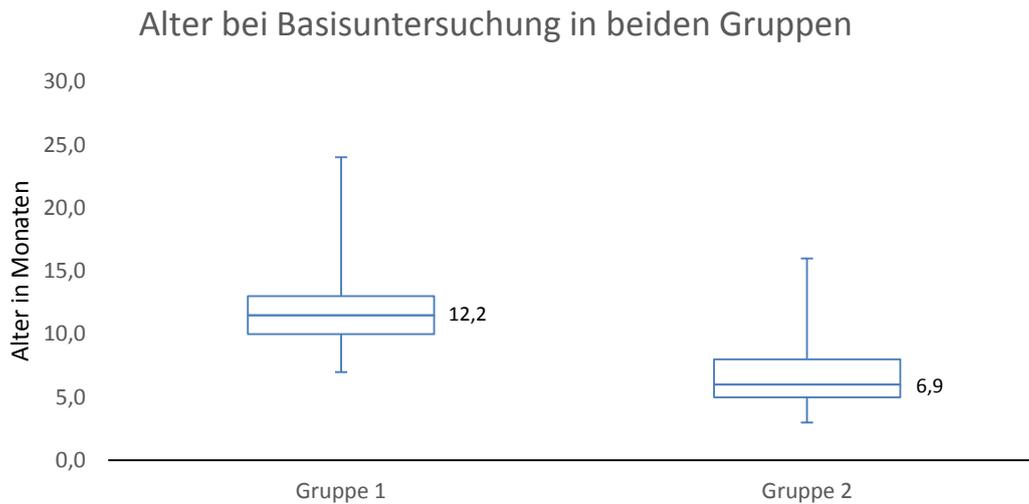


Abb. 22: Alter in Monaten bei Basisuntersuchung in beiden Gruppen

Überprüfung auf Normalverteilung

Es erfolgte die Überprüfung der Variablen auf Vorliegen von Normalverteilung. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle 4 aufgeführt. Nur in Bezug auf den CI bei Basisuntersuchung lag in Gruppe 1 Normalverteilung vor. In Gruppe 2 lag in Bezug auf alle Merkmale Normalverteilung vor, lediglich in Bezug auf das Alter zeigt der Shapiro-Wilk-Test keine Normalverteilung an, jedoch der Kolmogorov-Smirnov-Test.

	Behandelt		Unbehandelt	
	Shapiro-Wilk	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Kolmogorov-Smirnov
Alter bei Basisuntersuchung	0.0084	0.0109	0.0281	0.0725
Abstand Kontroll- zu Basisuntersuchung	0.0003	0.0100	0.3279	0.1500
CI bei Basisuntersuchung	0.2712	0.1500	0.7104	0.1500
CVA bei Basisuntersuchung	0.0001	0.0100	0.3458	0.1500
CVAI bei Basisuntersuchung	0.0001	0.0100	0.3141	0.1500

Tabelle 5: Test auf Normalverteilung der Variablen mit dem Shapiro-Wilk und dem Kolmogorov-Smirnov-Test, Werte über 0,05 zeigen Normalverteilung an

Ergebnisse in Gruppe 1

Erstuntersuchung in Gruppe 1

Die Erstuntersuchung wurde in Gruppe 1 im Median mit 7,1 Monaten durchgeführt. Es wurden die Messwerte für Kopfumfang, Kopflänge, Kopfbreite sowie die Schädeldiagonalen A und B gemessen. Der Cranial Index (CI) lag im Median zu diesem Zeitpunkt bei 92,7 %. Die Cranial Vault Asymmetry (CVA) im Median bei 1,7cm und der aus den Messwerten bestimmte Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) im Median bei 12,9 %.

	Minimum	Median	Maximum
CI in %	72,7	92,7	110,4
CVA in cm	0,1	1,7	4,1
CVAI in %	0,7	12,9	39,4

Tabelle 6: Anthropometrische Indizes bei Erstuntersuchung in Gruppe 1

Basisuntersuchung in Gruppe 1

Zum Zeitpunkt der Basisuntersuchung betrug das mediane Alter in Gruppe 1 12,2 Monate. Die Basisuntersuchung stellt in dieser Gruppe die anthropometrische Schädelvermessung bei Abschluss der Helmtherapie dar.

	Minimum	Median	Maximum
CI in %	67,7	87,1	100,0
CVA in cm	0,0	0,2	1,7
CVAI in %	0,0	1,4	13,3

Tabelle 7: Erhobene Werte bei Basisuntersuchung in Gruppe 1

Erhobene Messwerte bei der 5-Jahres-Kontrolluntersuchung in Gruppe 1

Bei der 5-Jahres-Kontrolluntersuchung waren die Probanden im Median 80,3 Monate alt. Das Intervall zwischen Basisuntersuchung und Kontrolluntersuchung betrug im Median 67,3 Monate.

	Minimum	Median	Maximum
CI in %	63,7	82,9	94,6
CVA in cm	0,0	0,3	1,7
CVAI in %	0,0	1,8	13,3

Tabelle 8: Anthropometrische Indizes bei 5-Jahres-Kontrolluntersuchung in Gruppe 1

Vergleich der erhobenen Messwerte zwischen Basisuntersuchung und Nachuntersuchung der Gruppe 1

In Gruppe 1 zeigten sich nach Auswertung der Daten nahezu unveränderte Werte für die Cranial Vault Asymmetry und den Cranial Vault Asymmetry Index im Vergleich zwischen Basis- und Kontrolluntersuchung. Der Cranial Index Wert hat in dieser Zeit jedoch abgenommen (im Median von 87,1 auf 82,9 Prozent). Dies bedeutet, dass die Kopflänge in Relation zur Kopfbreite zugenommen hat. Ein Ausreißer-Wert von 1,7 cm für die Cranial Vault Asymmetry wurde in der Nachuntersuchung bei jenem Kind erhoben, welches bei der Erstuntersuchung eine Asymmetrie von 4,1 cm und damit eine außergewöhnlich starke Deformierung aufwies.

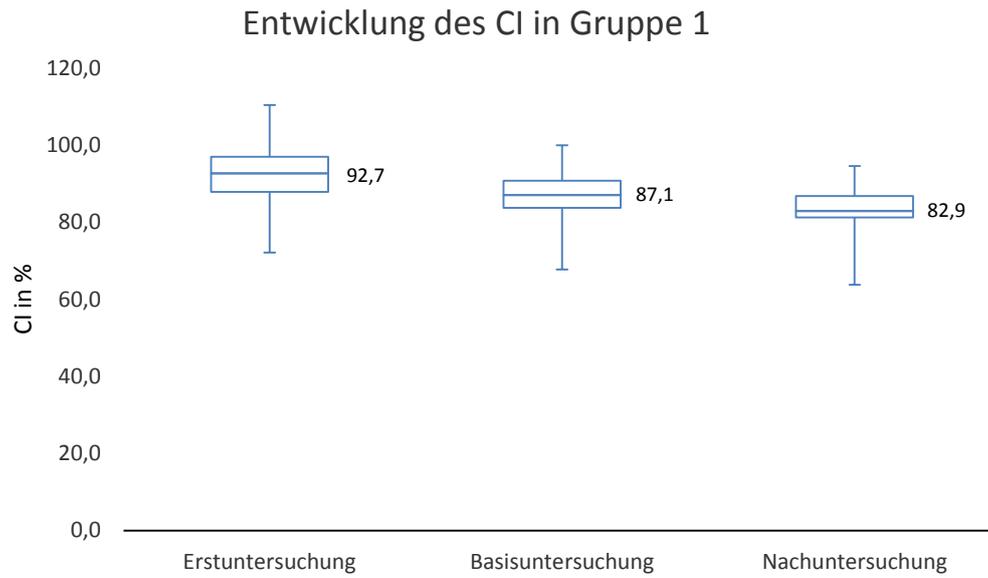


Abb. 23: Entwicklung des CI in Gruppe 1 zwischen Erst-, Basis- und Nachuntersuchung

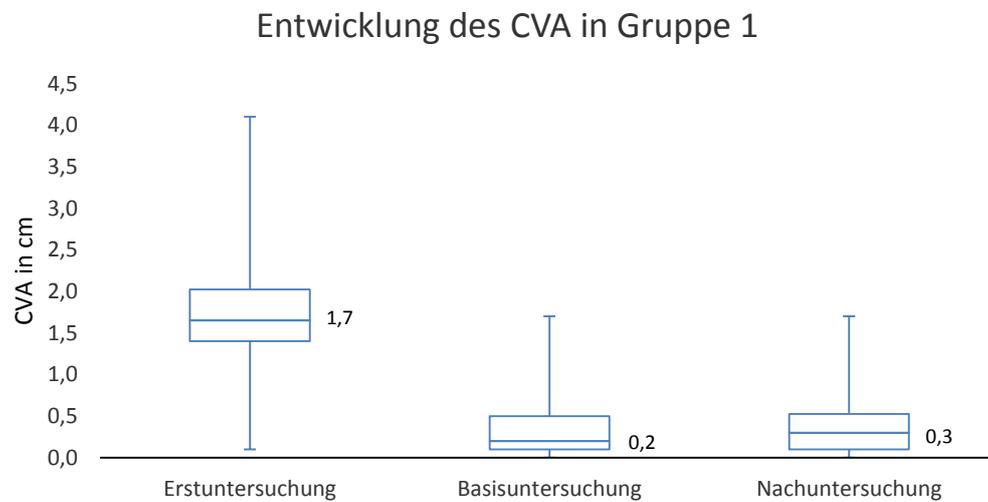


Abb. 24: Entwicklung des CVA in Gruppe 1 zwischen Erst-, Basis- und Nachuntersuchung

Entwicklung des CVAI in Gruppe 1

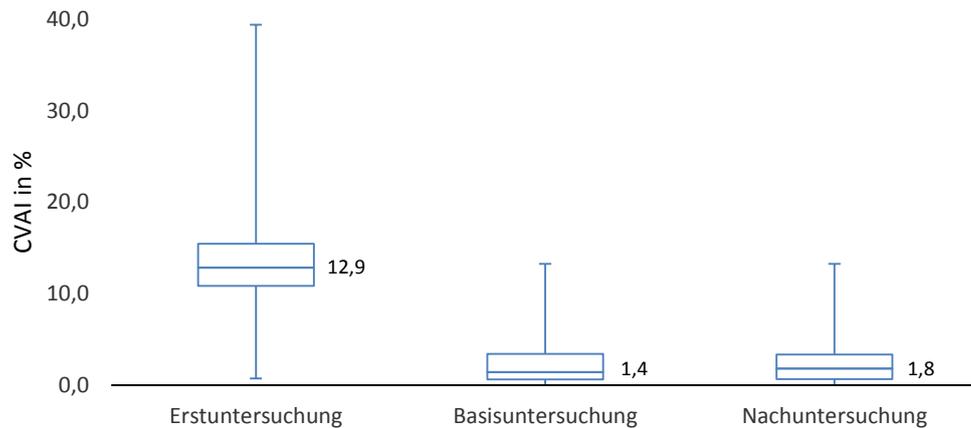


Abb. 25: Entwicklung des CVAI in Gruppe 1 zwischen Erst-, Basis- und Nachuntersuchung

Vergleich der Messwerte zwischen Erstuntersuchung und Basisuntersuchung in Gruppe 1

Vergleicht man die Messwerte der Gruppe 1 für die Zeitpunkte Erstuntersuchung und Basisuntersuchung, so zeigt sich ein signifikante Verbesserung der Messwerte sowohl für die Cranial Vault Asymmetry, den Cranial Vault Asymmetry Index und den Cranial Index ($p < 0,05$).

	Erstuntersuchung			Basisuntersuchung		
	<i>Min.</i>	<i>Med</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Med.</i>	<i>Max.</i>
CI in %	72,2	92,7	110,4	67,7	87,1	100,0
CVA in cm	0,1	1,7	4,1	0,0	0,2	1,7
CVAI in %	0,7	12,9	39,4	0,0	1,4	13,3

Tabelle 9: Vergleich der anthropometrischen Indizes zwischen Erst- und Basisuntersuchung in Gruppe 1

Ergebnisse in Gruppe 2

Erhobene Messwerte bei der Basisuntersuchung der Gruppe 2

Das mediane Alter lag hier bei 6,9 Monaten. Aus den erhobenen Messwerten wurden der Cranial Index, die Cranial Vault Asymmetry und der Cranial Vault Asymmetry Index berechnet (s. Tabelle 8). Der mediane Wert für den Cranial Index lag bei 93,4 %. Die mediane Cranial Vault Asymmetry betrug 1,0 cm und der mediane Cranial Vault Asymmetry Index betrug 7,4 %.

	Minimum	Median	Maximum
CI in %	81,6	93,4	108,5
CVA in cm	0,1	1,0	2,0
CVAI in %	0,8	7,4	15,0

Tabelle10: Anthropometrische Indizes bei Basisuntersuchung in Gruppe 2

Erhobene Messwerte bei der Nachuntersuchung in Gruppe 2

Im Median erfolgte die Nachuntersuchung in der Gruppe 2 nach 63 Monaten. Im Rahmen dieser Nachuntersuchung wurden erneut eine anthropometrische Kopfvermessung mit Maßband und Zirkel sowie ein 3D-Scan durchgeführt. Die Eltern wurden weiterhin zur motorischen und sprachlichen Entwicklung ihres Kindes befragt. Es wurde dokumentiert, ob Fördermaßnahmen aufgrund sprachlicher oder motorischer Entwicklungsverzögerungen notwendig waren. Ergänzend erfolgte die Erhebung eines intraoralen Befundes mit Bestimmung der Bisslage.

	Minimum	Median	Maximum
CI in %	77,5	85,2	93,6
CVA in cm	0,0	1,0	2,2
CVAI in %	0,0	6,2	13,3

Tabelle 11: Anthropometrische Indizes bei Nachuntersuchung in Gruppe 2

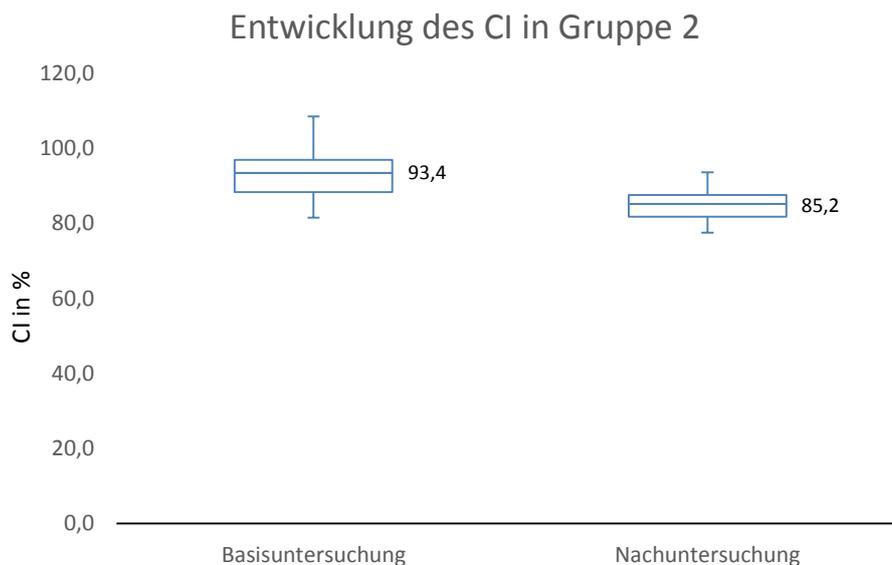


Abb. 26: Entwicklung des CI in Gruppe 2 zwischen Basis- und Nachuntersuchung

In Gruppe 2 fiel der Wert für den Cranial Index von im Median 93,4 % bei der Basisuntersuchung auf 85,2 % bei der Nachuntersuchung ab. Dies entspricht einem Rückgang des Cranial Index um 8,2 Prozentpunkte.

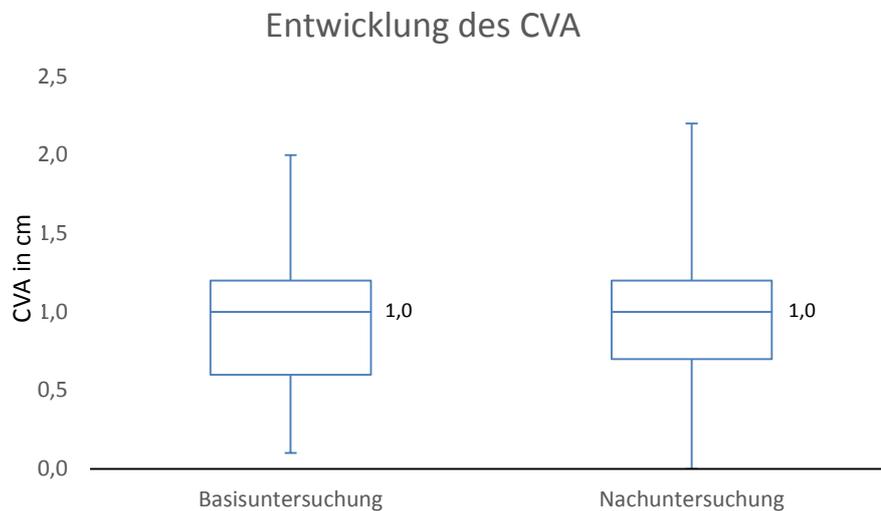


Abb. 27: Entwicklung des CVA in Gruppe 2 zwischen Basis- und Nachuntersuchung

Der Wert für die Cranial Vault Asymmetry blieb im Median bei 1 cm konstant.

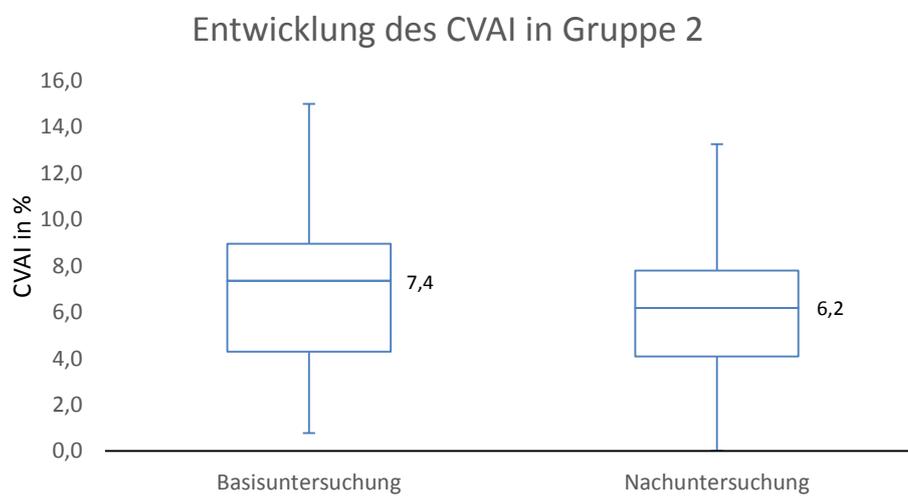


Abb. 28: Entwicklung des CVAI in Gruppe 2 zwischen Basis- und Nachuntersuchung

Der Cranial Vault Asymmetry Index fiel in Gruppe 2 im Median um 1,2 Prozentpunkte, von 7,4% bei der Basisuntersuchung auf 6,2% bei der Nachuntersuchung.

Auswertung der Behandlungsergebnisse beider Gruppen

Entwicklung des Cranial Index in beiden Gruppen

Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung betrug der Cranial Index in Gruppe 1 im Median 92,7 %. Das mediane Alter betrug 7,1 Monate. Der Cranial Index fiel bis zum Zeitpunkt der Basisuntersuchung in dieser Gruppe im Median auf 90,8 %. Das mediane Alter der Probanden betrug zu diesem Zeitpunkt 12,2 Monate. Bei der Nachuntersuchung lag der Cranial Index im Median bei 82,9 %. Dies entspricht einem Rückgang dieses Parameters um 9,8 Prozentpunkte. Zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung besteht in Bezug auf den CI keine Strukturgleichheit ($p=0.7394$).

In Gruppe 2 lag der Cranial Index bei Basisuntersuchung im Median bei 93,4 %. Das mediane Alter bei der Basisuntersuchung betrug in dieser Gruppe 6,9 Monate. Bei der Nachuntersuchung lag der CI in dieser Gruppe bei 85,2 %. Dies entspricht einem Rückgang des Cranial Index um 8,2 Prozentpunkte. Vergleicht man die Ergebnisse für den Cranial Index zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung miteinander, so zeigt sich in beiden Gruppen eine Normalisierung dieses Parameters (siehe Tabelle 1).

Es erfolgte die statistische Auswertung der CI-Entwicklung zwischen Basis- bzw. Erstuntersuchung und der Kontrolluntersuchung. Dies wurde mittels mixed model Analyse durchgeführt. Für beide Gruppen ist eine Reduktion dieses Parameters eingetreten, welche hoch signifikant ist ($p<0,0001$). Diese Änderung trat aber unabhängig von der gewählten Behandlungsform ein. Weiterhin konnte statistisch aufgezeigt werden, dass lediglich der Messzeitpunkt eine signifikante Auswirkung auf den CI-Wert hat ($p<0,001$). Die Durchführung einer Orthesenbehandlung hatte keinen signifikanten Einfluss auf den resultierenden CI-Wert ($p=0,3709$).

Entwicklung des CI

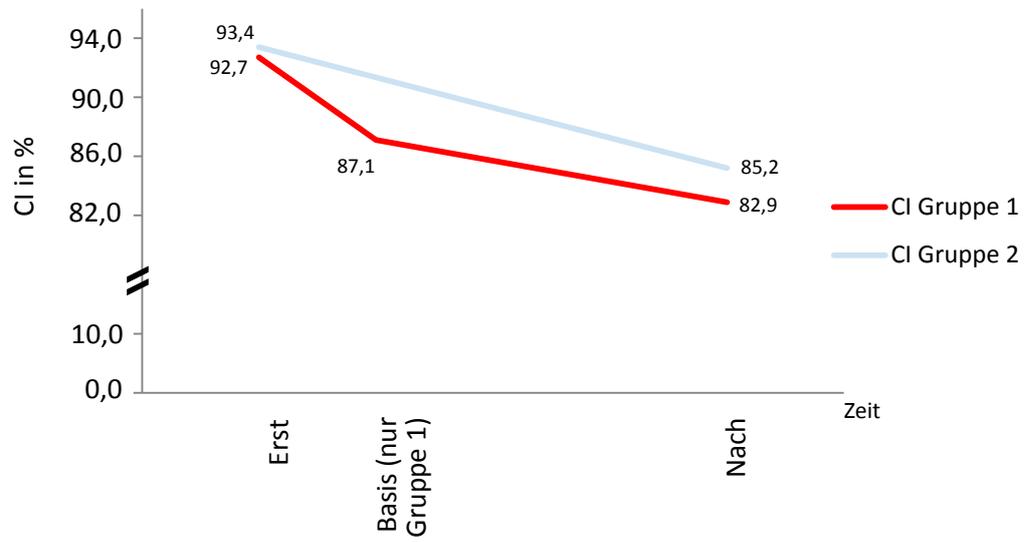


Abb. 29: Vergleichende Entwicklung des CI in beiden Gruppen (Erst → Erstvorstellung in Gruppe 1 und Basisuntersuchung in Gruppe 2; Basis (nur Gruppe 1) → Basisuntersuchung Gruppe 1; Nach → Nachuntersuchung in beiden Gruppen)

Entwicklung des CVA in beiden Gruppen

In Gruppe 1 betrug zum Zeitpunkt der Erstvorstellung die Cranial Vault Asymmetry im Median 1,7 cm. Zum Zeitpunkt der Basisuntersuchung, das heißt nach erfolgter Helmtherapie (Alter 12,2 Monate), lag die Cranial Vault Asymmetry bei 0,2 cm im Median. Durch die Helmtherapie kam es also zu einem Rückgang dieses Parameters um 1,5 cm im Median. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug das mediane Alter der Kinder etwa 80 Monate. Die Cranial Vault Asymmetry betrug 0,3 cm im Median. Dies bedeutet eine Konstanz dieses Wertes aufgrund gewisser Messungenauigkeiten der Zirkelmessmethode von 2-3mm (Wilbrand et al 2011).

In Gruppe 2 betrug die Cranial Vault Asymmetry zum Zeitpunkt der Basisuntersuchung (Alter 6,9 Monate) 1 cm im Median. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Alter 71 Monate) betrug die Cranial Vault Asymmetry im Median 1 cm. Im Vergleich zeigte sich zwischen den beiden Messzeitpunkten keine signifikante Veränderung der Cranial Vault Asymmetry ($p = 0,8071$).

Vergleicht man nun beide Gruppen, so bleibt zunächst festzustellen das statistisch Strukturgleichheit der Gruppen zum Zeitpunkt der Erstvorstellung bestand ($p < 0,0001$), in Bezug auf Alter, Ci und CVA. In Gruppe 1 zeigte sich nach dem Abschluss der Helmtherapie kein weiterer signifikanter Rückgang des CVA. Es konnte lediglich in der Zeit der Helmtherapie ein Rückgang (von Median 1,7 cm auf Median 0,3 cm) aufgezeigt werden. Im Vergleich dazu blieb der CVA in Gruppe 2 zwischen der Erstvorstellung und der 5-Jahres-Nachuntersuchung bei 1,0 cm konstant. Statistisch zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zwischen den Behandlungsergebnissen beider Gruppen. In der Gruppe 1 zeigte sich eine signifikante Veränderung der Behandlungsergebnisse in Bezug auf den CVA.

Entwicklung des CVA

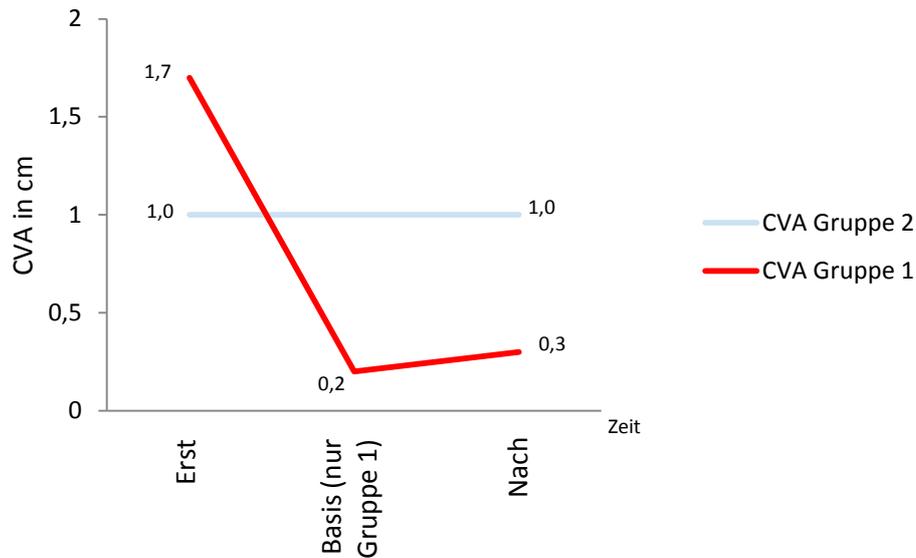


Abb. 30: Vergleichende Entwicklung des CVA in beiden Gruppen (Erst → Erstvorstellung in Gruppe 1 und Basisuntersuchung in Gruppe 2; Basis (nur Gruppe 1) → Basisuntersuchung Gruppe 1; Nach → Nachuntersuchung in beiden Gruppen)

Die Schwere der Schädelasymmetrie entwickelte sich in beiden Gruppen sehr heterogen. Während sich die Schweregrade in Gruppe 2 nahezu nicht veränderten, kam es in Gruppe 1 bei fast allen Probanden zu einer Normalisierung oder zu einem Überführen in eine milde Schädelasymmetrie.

	Normalbefund	mild	moderat	schwer
Gruppe 1	2	3	25	10
Gruppe 2	7	19	15	0

Tabelle 11: Initiale Schweregrade in beiden Gruppen nach Ausprägung des CVA

	Normalbefund	mild	moderat	Schwer
Gruppe 1	24	14	2	0
Gruppe 2	6	20	14	1

Tabelle 12: Schweregradeinteilung in der Nachuntersuchung nach Ausprägung des CVA

In Gruppe 1 befanden sich initial 2 Kinder mit Normalbefund in Bezug auf den CVA. Die Behandlungsindikation wurde in diesen beiden Fällen aus dem CI abgeleitet, welcher stark erhöht war (>100%).

Entwicklung des CVAI

Der Cranial Vault Asymmetry Index betrug in der Gruppe 1 zum Zeitpunkt der Erstvorstellung 12,9 %. Bei der Basisuntersuchung betrug der Cranial Vault Asymmetry Index 1,4 %. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug der CVAI 1,8 %. Während der Helmtherapie fiel der Cranial Vault Asymmetry Index um 11,5 Prozentpunkte, von 12,9 % auf 1,4 %. Im weiteren Verlauf stieg der Cranial Vault Asymmetry Index wieder leicht auf 1,8 %.

In Gruppe 2 betrug der Cranial Vault Asymmetry Index 7,4 % bei der Basisuntersuchung. Bei der Nachuntersuchung betrug er 6,2 %. Der Cranial Vault Asymmetry Index zeigte keine signifikante Veränderung in Gruppe 2 ($p=0,0562$).

Im direkten Vergleich kam es zu einem signifikanten Abfall des Cranial Vault Asymmetry Index während der Helmtherapie in Gruppe 1. Im Zeitraum zwischen Basis- und Nachuntersuchung zeigte sich in beiden Gruppen ein annähernd konstantes Ergebnis. In Gruppe 2 kam es zu einem leichten Rückgang um 1,2 Prozentpunkte. Die Auswertung des Cranial Vault Asymmetry Index in Gruppe 1 hat gezeigt, dass die Durchführung einer Kopforthesenbehandlung einen hoch signifikanten Einfluss auf den Cranial Vault Asymmetry Index hat ($p<0,001$). Im Gegensatz hierzu zeigte der CVAI keine signifikante Besserung in Gruppe 2 ($p=0,0562$). In Gruppe 1 ist nach dem Abschluss der Helmtherapie kein weiterer Rückgang des CVAI zu verzeichnen. Im Vergleich fiel der CVAI in Gruppe 2 zwischen der Erstvorstellung und der 5-Jahres-Nachuntersuchung nur um 1,18 Prozentpunkte (im Median von 7,35 % auf 6,17 %). Dies wird alleine auf eine Umfangsvermehrung des Kopfes zurückgeführt, welche alleine bereits eine Verbesserung des CVAI bedingen kann. Statistisch zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) zwischen der CVAI-Veränderung beider Gruppen.

Entwicklung des CVAI

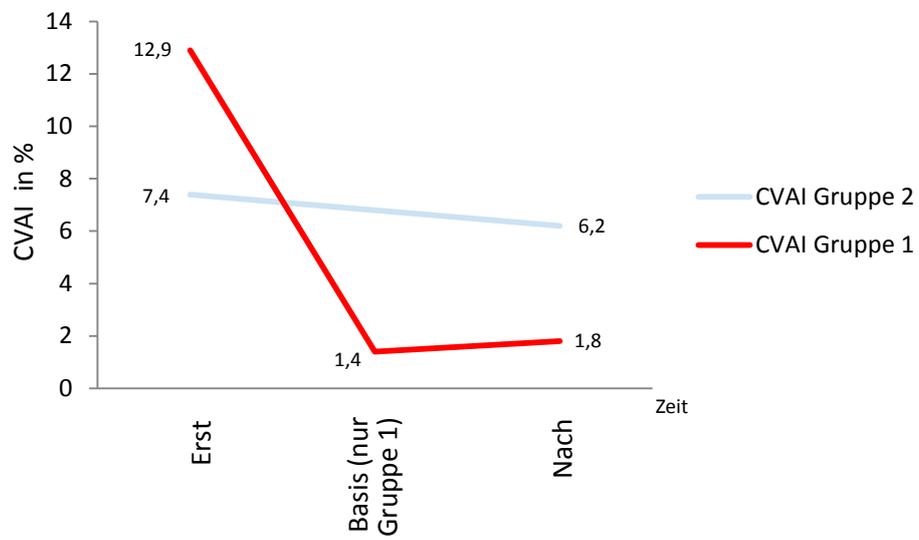


Abb. 31: Vergleichende Entwicklung des CVAI in beiden Gruppen (Erst → Erstvorstellung in Gruppe 1 und Basisuntersuchung in Gruppe 2; Basis (nur Gruppe 1) → Basisuntersuchung Gruppe 1; Nach → Nachuntersuchung in beiden Gruppen)

	Erstvorstellung (1)			nach Helmtherapie (2)			5 Jahres Nachuntersuchung (3)					
	Gruppe 1		Gruppe 2	Gruppe 1		Gruppe 2	Gruppe 1			Gruppe 2		
	Behandelt	Unbehandelt	p	Behandelt	Unbehandelt	p	Behandelt	Δ_1 1-3	p	Unbehandelt	Δ_2 1-3	p
N	40	41		40	0		40			41		
Geschlecht	28m/12 f	21m/20f		28m/12f			28m/12f			21m/20f		
Medianes Alter	7,1 Monate	6,9 Monate		12,2 Monate			80,3 Monate	73,2 Monate	<0,05	71,3 Monate	64,4 Monate	
Min-Max	4,2-15,5	0,3-17,1		(7,1-24,5)			39,0-100,0			57,0-88,8		
Median CVA	1,7 cm	1,0 cm	<0,0001	0,2 cm			0,3 cm	1,4 cm	<0,05	1,0 cm	0,0 cm	
0,8071												
Min-Max	0,1-4,1	0,1-2,0		0,0-1,7			0-1,7			0,0-2,2		
Mittlerer CVA	1,7 cm	0,95 cm		0,4 cm			0,39 cm	1,31 cm	<0,05	0,94 cm	0,01 cm	
SD	0,75	0,48		0,305			0,36			0,48		
Median CVAI	12,85%	7,35%)	<0,0001	14,2%			1,83%	11,02%	<0,05	6,17%	1,18%	
0,0562												
Min-Ma	0,8-15,0	0,7-39,4		0,0-13,3			0,0-13,28			0,0-13,25		
Mittlerer CVAI	13,77%	7,25%		2,4%			2,47%	11,30%	<0,05	5,99%		
SD	6,5	3,76		2,84			2,49			2,85		
Median CI	92,7%	93,4%	0.7394	87,1%			82,9%	9,8%	<0,0001	85,2%	8,2%	
<0.0001												
Min-Max	72,2-110,4	81,6-108,5										

Tabelle 14: Ergebnis der anthropometrischen Messungen zu den Messzeitpunkten 1 (Erstuntersuchung), 2 (Abschluss der Helmtherapie) und 3 (Nachuntersuchung) nach statistischer Auswertung für Gruppe 2 (nicht behandelt) und Gruppe 1 (behandelt) bei Erstvorstellung, nach Behandlung (nur Gruppe 1) und Nachuntersuchung nach 5 Jahren (SD - Standardabweichung, Min - Minimalwert, Max- Maximalwert, Δ – Änderung zwischen Untersuchungszeitpunkten)

Auswertung der Nebenzielkriterien

Vergleich der Messwerte der anthropometrischen Zirkelmessung und des angefertigten 3D Fotoscans bei Nachuntersuchung

Es erfolgte die statistische Auswertung der erhobenen anthropometrischen Zirkelmessungen und jener durch die Cranioform Analytics 3.0[®] (Cranioform, Alpnach, Schweiz) errechneten Werte für CI, CVA und CVAI aus den 3D-Fotoscans mit dem Bland-Altman-Verfahren. Diese Auswertung ergab im Median eine Abweichung von -1,75 Prozentpunkten in Bezug auf den CI zwischen der Handmessung und dem 3D-Scan. Dies bedeutet, dass der Kopf in der Auswertung der 3D-Fotoscans leicht vergrößert dargestellt und die Messstrecken etwas zu lang errechnet wurden. Für die Auswertung des CVA ergab sich im Median eine Abweichung von 0,1 cm. Die Auswertung für CVAI ergab eine Abweichung von 0,47 Prozentpunkten im Median. Dies entspricht der in der Literatur angegebenen Abweichung zwischen Zirkel- und fotogrammetrischen Scan-Messungen (Schaaf et al. 2010). Ebenfalls entspricht dies in etwa der individuellen und der interindividuellen Messtoleranz bei von Hand durchgeführten Zirkelmessungen (Wilbrand et al. 2011).

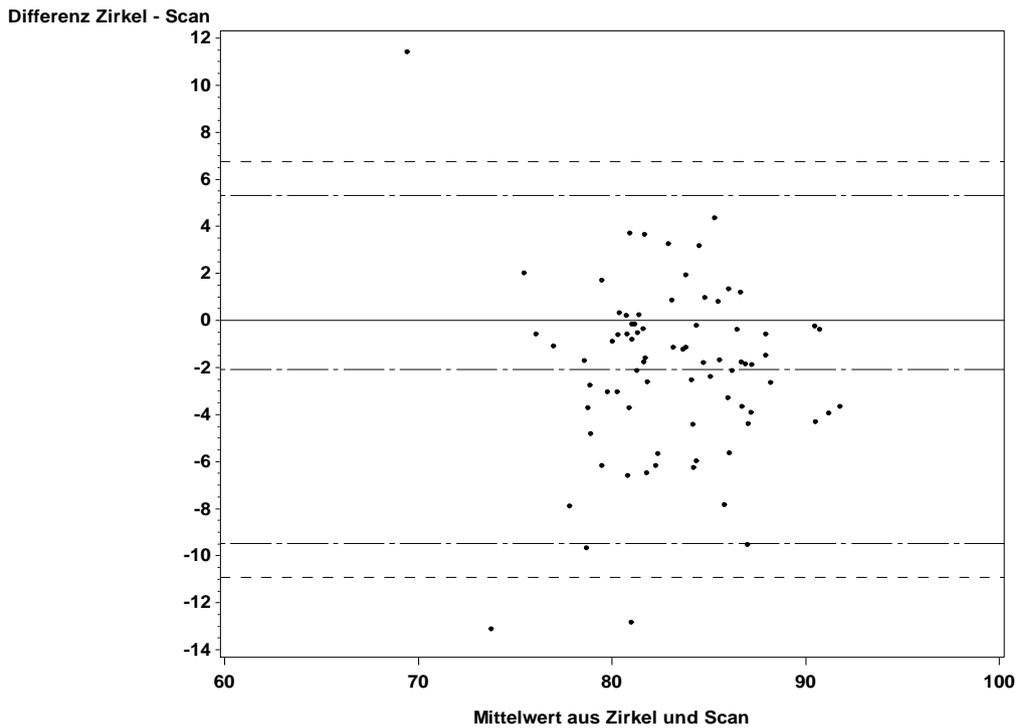


Abb. 32 a): Auswertung der Differenz aus der anthropometrischen Zirkelmessung und dem durchgeführten 3D-Fotoscan für den **CI** aufgetragen gegen den Mittelwert aus Zirkel und Scan für jede einzelne Messung

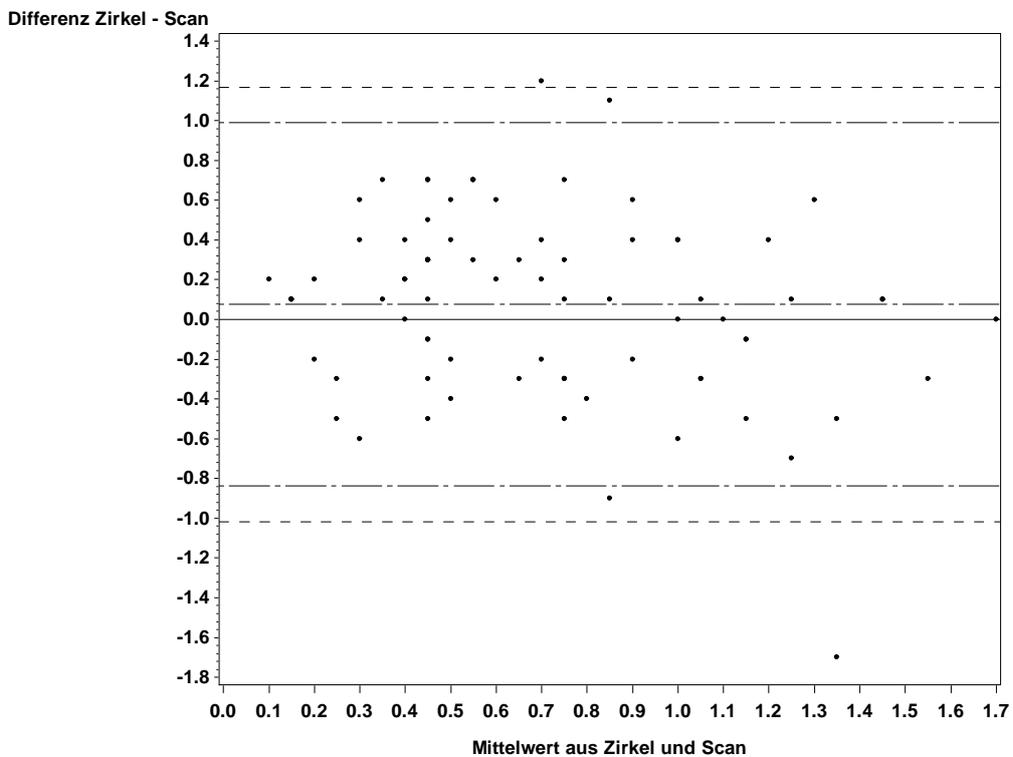


Abb. 32 b): Auswertung der Differenz aus der anthropometrischen Zirkelmessung und dem durchgeführten 3D-Fotoscan für den **CVA** aufgetragen gegen den Mittelwert aus Zirkel und Scan für jede einzelne Messung

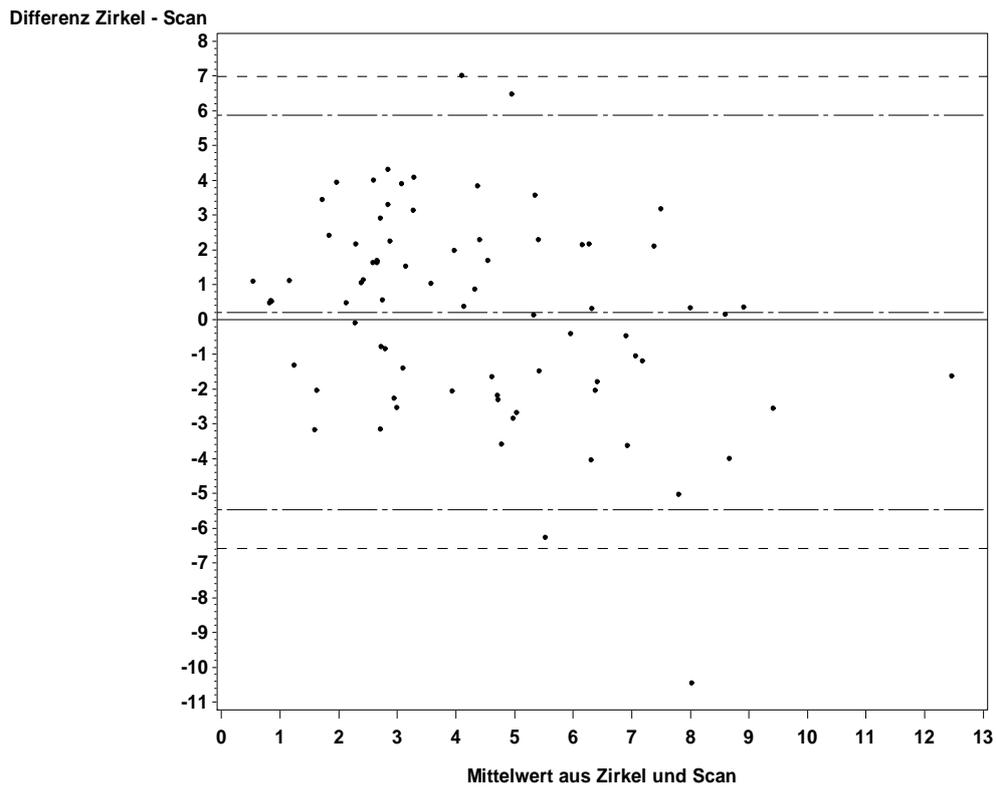


Abb.32 c): Auswertung der Differenz aus der anthropometrischen Zirkelmessung und dem durchgeführten 3D-Fotoscan für den **CVAI** aufgetragen gegen den Mittelwert aus Zirkel und Scan für jede einzelne Messung

Effekt der Helmtherapie

Die Helmtherapie fand in Gruppe 1 zwischen den Messzeitpunkten Erstuntersuchung und Basisuntersuchung statt. Die Messwerte der Basisuntersuchung wurden mit den Werten der Erstvorstellung verglichen. Die Ergebnisse sind getrennt nach CI, CVA und CVAI in einem Boxplot auf den Abbildungen 18-20 dargestellt. Weiterhin wurden sie numerisch in Tabelle 7 dargestellt. Zwischen Erst- und Basisuntersuchung verringerte sich im Median der CVA um 1,5 cm, der CVAI um 11,5 Prozentpunkte und der CI um 5,6 Prozentpunkte.

Okklusionsverhältnisse

In beiden Gruppen erfolgte im Rahmen der Kontrolluntersuchung die Erhebung der jeweiligen sagittalen, vertikalen und transversalen Okklusionsverhältnisse, wie z.B. Neutral-, Mesial-, Distalokklusion, Mittellinienverschiebung, Kreuzbiss, offene-, tiefe- und Deckbisse. Das mediane Alter bei dieser Untersuchung der Gruppe 1 betrug 80,3 Monate. Das mediane Alter in Gruppe 2 betrug 71,3 Monate. Damit befanden sich beide Gruppen statistisch gesehen in der frühen Wechselgebissperiode (Krogman 1951). In Gruppe 1 zeigen sich 22 Neutralokklusionen und 18 Malokklusionen Dies entspricht einem Anteil von 55,5 % Neutralokklusionen und 44,5 % Malokklusionen in dieser Gruppe. In Gruppe 2 lag dieses Verhältnis bei etwa 44 % Neutralokklusionen vs. 56% Malokklusionen.

Okklusionsverhältnisse

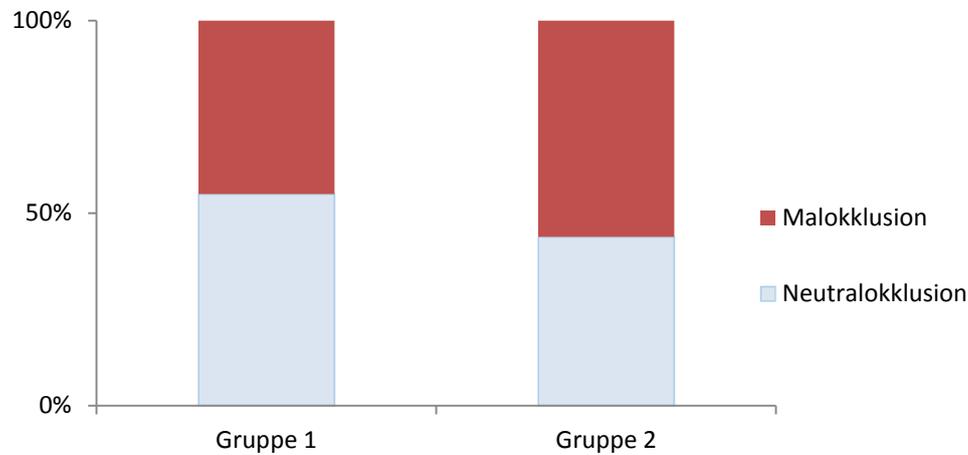


Abb. 33: Prävalenz der Neutralokklusion in Gruppe 1(55,5%) und in Gruppe 2(43,9%)

Weiterhin wurde in beiden Gruppen eine Differenzierung der Malokklusionen vorgenommen. Es wurden Untergruppen für Mittellinienverschiebung, Kreuzbiss und Andere (wie offene oder tiefe Bisse) gebildet. Die Häufigkeiten der einzelnen Gebissanomalien sind in Tabelle 14 aufgeführt, wobei mehrere Kriterien gleichzeitig bei einem Probanden auftreten konnten.

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	Anzahl n	Anteil in %	Anzahl n	Anteil in %
Neutralokklusion	22	55,5	18	43,9
Malokklusion	18	44,5	23	56,1
Summe	40	100	41	100

Untergruppen

Mittellinienverschiebung	6	15	11	26,8
Kreuzbiss	6	15	3	7,3
Andere (Offener, Tiefer Biss)	5	12,5	7	17,1

Tabelle 15: Anteil an Neutralokklusionen und Malokklusionen in Gruppe 1 und 2 mit Unterteilung in Subgruppen

Zusätzlich wurden die Untergruppen Mittellinienverschiebung und Kreuzbiss nochmals speziell ausgewertet. Es wurde analysiert auf welcher Seite diese auftraten und ob dies kontra- oder ipsilateral zur occipitalen Abflachung war (siehe Tabelle 15). War ein Kreuzbiss oder eine Mittellinienverschiebung linksseitig lokalisiert und die occipitale Abflachung rechtsseitig, so wurde dies als kontralateral bezeichnet. Traten occipitale Abflachung und Kreuzbiss oder Mittellinienverschiebung auf der gleichen Seite auf, wurde dies als ipsilateral bezeichnet.

	Gruppe 1 Anzahl n	Gruppe 2 Anzahl n
Mittellinienverschiebung	6	11
occipitale Abflachung kontralateral	1	8
occipitale Abflachung ipsilateral	5	2
Kreuzbiss	6	3
occipitale Abflachung kontralateral	2	1
occipitale Abflachung ipsilateral	4	2

Tabelle 16: Anzahl an Mittellinienverschiebungen und Kreuzbissen. Korrelation zwischen Seite des Kreuzbisses bzw. Mittellinienverschiebung und Seite der occipitalen Abflachung

In Gruppe 2 bestand bei einem Probanden keine occipitale Asymmetrie, aber eine Mittellinienverschiebung. Daher konnte diese weder der kontra- noch der ipsilateralen Gruppe zugeordnet werden.

Wir stellten damit fest, dass in der Gruppe der unbehandelten Kinder mit Kopfasymmetrien häufiger (9 von 14 Kindern, 64,3%) eine Mittellinienverschiebung bzw. ein Kreuzbiss auf der kontralateralen Seite vorlag, als bei Kindern, die mit einer Kopforthese behandelt wurden (3 von 12 Kindern, 50%). Den Rückschluss auf eine Kausalität oder einen signifikanten Unterschied lässt diese Erkenntnis jedoch nicht zu.

Alternative Behandlungsmethoden

In Gruppe 2 erfolgte die Erfassung, welche anderweitigen Therapien (Krankengymnastik, Osteopathie, Lagerung oder andere) welche zur Korrektur der Schädeldeformität durchgeführt wurden. Weiterhin erfolgte in beiden Gruppen die Erfassung, ob sprachliche oder motorische Fördermaßnahmen durchgeführt wurden.

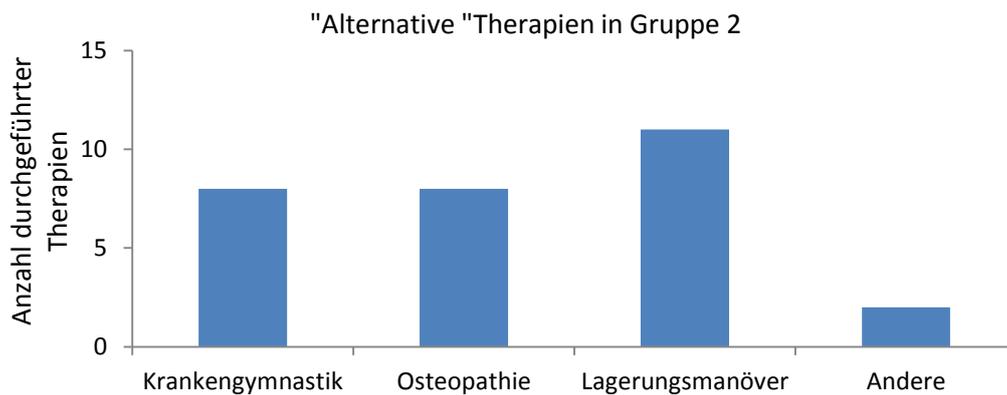


Abb. 34: Alternativ durchgeführte Therapien in Gruppe 2

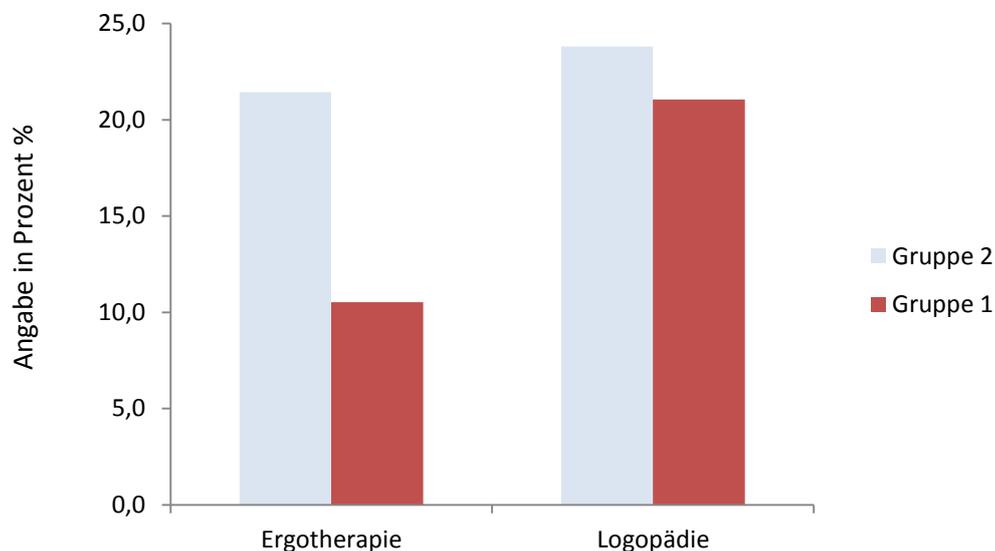


Abb. 35: Prozentualer Anteil an logopädischen oder ergotherapeutischen Maßnahmen in den jeweiligen Gruppen

Es konnte festgestellt werden, dass im Vergleich zwischen beiden Gruppen, in Gruppe 2 vermehrt logopädische und ergotherapeutische Maßnahmen aufgrund von sprachlichen oder motorischen Entwicklungsverzögerungen durchgeführt

wurden. Einen kausalen Zusammenhang, dass es bei Anwendung der Helmtherapie seltener zu motorischen oder neuropsychologischen Entwicklungsverzögerungen kommt, belegt dies nicht. Dies könnte nur in einer prospektiven Studie analysiert werden.

4. Diskussion

Diskussion der Hauptzielparameter

Die Empfehlung der „American Academy of Pediatrics“ aus dem Jahre 1992, Rückenlagerung zur Vermeidung des plötzlichen Kindstodes durchzuführen, führte zu einem sprunghaften Anstieg der lagebedingten Kopfdeformitäten (Argenta et al. 1996), (Littlefield et al. 2004). Es konnte jedoch auch ein signifikanter Rückgang der Inzidenz des plötzlichen Kindstodes festgestellt werden. (Deutsche Gesellschaft für Schlafmedizin 2011).

Bis heute ist es Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung, ob die lagebedingte Schädeldeformität zu Langzeitfolgen wie Malokklusionen, Wirbelsäulendeformitäten, Kopfschmerzen oder Ähnlichem führt. Es findet weiterhin bis heute ein Disput über die Behandlungsbedürftigkeit und die optimale Behandlungsform lagebedingter Schädeldeformitäten statt.

Vor Einführung der Therapie mit individuellen Kopforthesen standen als Therapieoption zur Korrektur lagebedingter Schädeldeformitäten lediglich operative Eingriffe zur Verfügung (Cavadas und Alvarez-Garijo 1997). Erstmals beschrieben Clarren et al. hierzu eine alternative Behandlungsmethode. Sie stellten 1979 eine neue Methode zur Korrektur lagebedingter Schädeldeformitäten vor. Hierzu wurden Kunststoffhelme, welche durch Abformung des kindlichen Kopfes hergestellt wurden, hergestellt. In diese wurde die ideale Kopfform eingearbeitet. Eine Korrektur der Kopfform konnte mit diesen Helmen innerhalb des ersten Lebensjahres erreicht werden (Clarren et al. 1979).

Manche Autoren postulieren, die Behandlung der lagebedingten Schädeldeformität sei mit einer krankengymnastischen Behandlung genauso effektiv möglich, wie mit einer individuellen Koporthese (van Wijk et al. 2014), (Loveday und Chalain 2001), (Hutchison et al. 2011). Andere Autoren machen die Behandlungsform von der Stärke der Schädeldeformität und dem Alter des Patienten abhängig (Mortenson et al. 2012). Nach Blecher et al. erhalten die Eltern der Patienten zunächst eine Anleitung zur Durchführung von Lagerungsmanövern. Falls eine Einschränkung der Kopfbeweglichkeit bei den Kindern vorliegt, wird zusätzlich eine Anleitung zur

Durchführung von krankengymnastischen Dehnungsübungen gegeben (Wilbrand et al. 2012). Im Verlauf wird nach Ausprägung der Deformität und Alter des Patienten gemeinsam mit den Eltern entschieden, ob zunächst eine abwartende Haltung mit Nachkontrollen nach 4-6 Wochen eingenommen werden kann oder ob ein sofortiger Beginn der Therapie erforderlich ist.

Sollte eine abwartende Haltung aufgrund des Alters und/oder der Ausprägung eingenommen werden, so sollte der Patient engmaschig beobachtet werden, um die weitere Entwicklung und auch die gewählte Therapieform ständig zu reevaluieren (Blecher und Howaldt 1998).

Da in Gruppe 1 nur 5,2% und in Gruppe 2 nur 10,5% der potentiellen Probanden zur 5-Jahres-Kontrolluntersuchung erschienen sind und damit in die Studie eingeschlossen werden konnten, besteht ein erhebliches Selection Bias-Risiko. Dies kann unter Umständen die Aussagekraft dieser Studie erheblich einschränken. Es wurde sich bemüht, dass die Stichprobe im Hinblick auf die Schweregradverteilung in etwa die der Grundgesamtheit widerspiegelt. In den folgenden Tabellen erfolgt der Vergleich der jeweiligen Ausprägung der Schweregrade in den Stichproben und der jeweiligen Grundgesamtheit.

	Helmtherapie			Stichprobe Helmtherapie (Gruppe 1)		
	Minimum	Median	Maximum	Minimum	Median	Maximum
CI in %	68,3	95,8	120,5	72,7	92,7	110,4
CVA in cm	0,0	1,6	4,1	0,1	1,7	4,1
CVAI in %	0,0	12,9	36,9	0,7	12,9	36,9

	keine Helmtherapie			Stichprobe keine Helmtherapie (Gruppe 2)		
	Minimum	Median	Maximum	Minimum	Median	Maximum
CI in %	74,5	94,2	115,2	81,6	93,4	108,5
CVA in cm	0,0	1,0	4,1	0,1	1,0	2,0
CVAI in cm	0,0	7,4	39,4	0,8	7,4	15,0

Tabelle 17: Ausprägung der Schweregrade CI, CVA und CVAI in den Stichproben und ihren Grundgesamtheiten

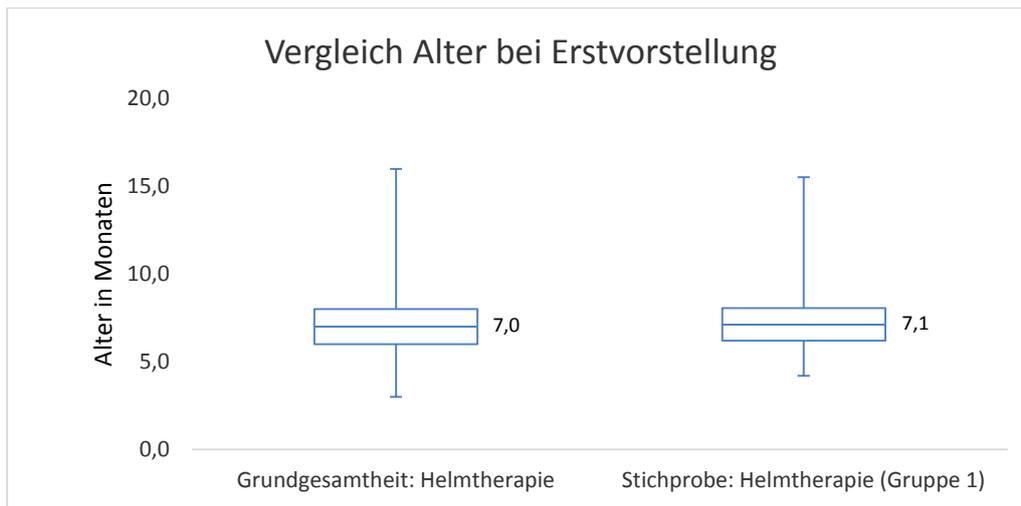


Abb. 36: Vergleich des medianen Alters der Stichprobe (Gruppe 1) mit dem medianen Alter der Grundgesamtheit

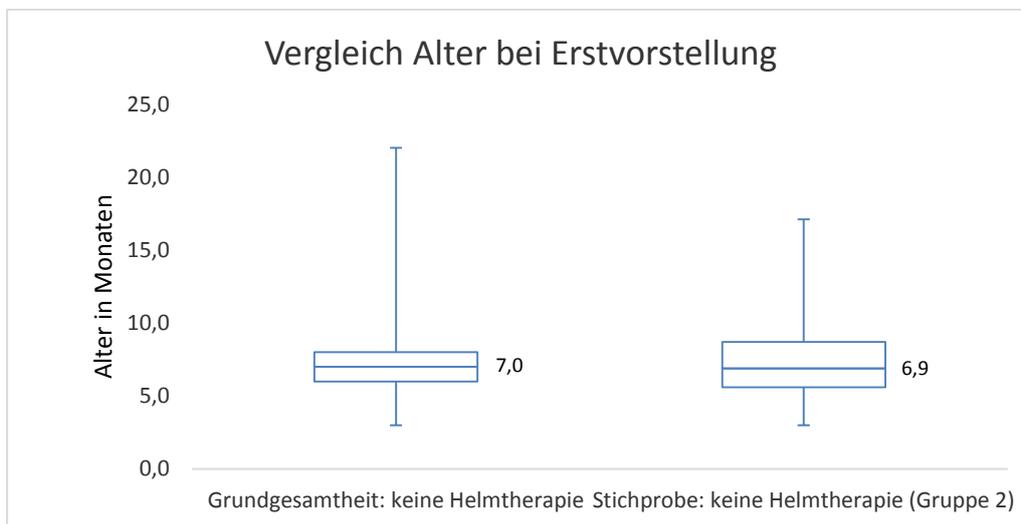


Abb. 37: Vergleich des medianen Alters der Stichprobe (Gruppe 2) mit dem medianen Alter der Grundgesamtheit

Da die jeweiligen Ausprägungen der Schweregrade für CI, CVA und CVAI in den Stichproben mit den Grundgesamtheiten vergleichbar sind, können diese als repräsentativ betrachtet werden. Gleiches gilt in Bezug auf das Alter bei Erstvorstellung.

Das mediane Alter lag in Gruppe 1 bei 7,1 Monaten und in Gruppe 2 im Median bei 6,9 Monaten. Hier ergab sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf das Vorliegen von Strukturgleichheit ($p= 0,3209$). Jedoch unterscheiden sich beide Gruppen insofern, dass die Verteilung der Schweregrade der Schädeldeformitäten unterschiedlich ist. In Gruppe 1 sind vermehrt Kinder mit moderat oder schwer ausgeprägter Schädeldeformität erfasst. Dies zeigt sich auch an der Ausprägung des CVA zu Beginn der Studie, welcher

signifikant unterschiedlich ($p < 0,0001$) zwischen den beiden Gruppen war. Gleiches gilt in Bezug auf das Signifikanzniveau beim CVAI ($p < 0,0001$). Der CVA betrug in Gruppe 1 1,7cm und in Gruppe 2 1,0cm. Zum Zeitpunkt der 5 Jahres Nachuntersuchung war der CVA ebenfalls signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$), jedoch betrug der CVA in Gruppe 1 nur noch 0,3 cm und in Gruppe 2 1,0 cm und blieb über die Beobachtungszeit konstant. Aufgrund dieser Tatsache war ein Vergleich in matched-pair Kohorten nicht möglich und stellt eine Schwäche dieser Untersuchung dar.

Die Auswertung der Ergebnisse unserer Studie zeigte eine Geschlechterverteilung in Gruppe 1 wie sie in etwa der aktuell gültigen Literatur entspricht (70% männlich, 30% weiblich) (Hutchison et al. 2004). Die Geschlechterverteilung in Gruppe 2 lag bei etwa 50% weiblichen und 50% männlichen Probanden und entsprach damit eher der „Normalbevölkerung“, welche keine Orthesenbehandlung benötigt bzw. erhalten hat. Daher lag in Bezug auf dieses Kriterium ebenfalls keine Strukturgleichheit vor. Dies beruht insbesondere auf der Tatsache, dass Gruppe 2 bevorzugt weibliche Probanden enthält, die keine Kopforthesentherapie benötigte. Die Ungleichheit der Gruppen ist daher nicht als systemischer Fehler der Datenerhebung zu betrachten, sondern spiegelt die Prävalenz der Erkrankung wider.

Das Alter der Probanden lag bei der Erstuntersuchung (entspricht in der Gruppe der Probanden, welche keine Helmtherapie erhalten haben, der Basisuntersuchung) und damit bei der Entscheidung, welcher Therapiearm gewählt wurde, im Median bei 7 Monaten. Das optimale Alter zum Start einer Therapie mit einer individuellen Kopforthese ist in der Literatur nicht eindeutig beschrieben. Kluba et al. konnten in einer Arbeit aus dem Jahr 2011 zeigen, dass, wenn die Therapie mit einer individuellen Kopforthese vor dem 6. Lebensmonat gestartet wurde, dies zu einer signifikant kürzeren Behandlungszeit und einem signifikant besseren Behandlungsergebnis führte (Kluba et al. 2011). Dies wurde durch die Arbeit von Dörhage et al. aus 2016, in welcher die Behandlungszeit signifikant verkürzt war, wenn die Orthesenbehandlung vor einem Lebensalter von 7,5 Monaten begonnen wurde, bestätigt (Dörhage et al. 2016). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Lee et al. und Linz et al. im Jahr 2018. Auch sie konnten zeigen je früher eine Helmtherapie begonnen wird, desto schneller ist diese beendet und desto zufriedener sind die Eltern mit dem Ergebnis (Lee et al. 2018; Linz et al. 2018). Dies wurde ebenfalls durch sehr aktuelle Daten von Hinken et al. aus dem

Jahr 2019 gezeigt. Es wurde ebenfalls gezeigt, dass wenn die Behandlung mit einer Kopforthese vor dem 6. Lebensmonat begonnen wurde, die Behandlungsdauer verkürzt wird (Hinken et al. 2019).

Mortensen et al. stellten in einer Arbeit aus dem Jahre 2012 fest, dass der optimale Start der Behandlung mit einer individuellen Kopforthese zwischen dem 4.-6. Lebensmonat liege. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass falls Lagerungsmanöver und „tummy time“ durchgeführt wurden, dies bis zum zweiten Lebensmonat zu einer spontanen Verbesserung einer bestehenden lagebedingten Schädeldeformität führen oder zumindest ein Voranschreiten dieser verhindert werden kann (Mortenson et al. 2012).

Die Ergebnisse unserer Longitudinalstudie konnten zeigen, dass es in der Gruppe 1 zu einem Absinken und einer Normalisierung des CVAI, CVA und auch des CI kam. Dies geschah in dieser Gruppe in Bezug auf den CVA und den CVAI nahezu ausschließlich zwischen der Erst- und der Basisuntersuchung. Dies stellt den Zeitraum dar, in welchem die Therapie mit einer individuellen Kopforthese durchgeführt wurde.

Im Rahmen der 5-Jahres-Nachuntersuchung zeigte sich der CVA im Rahmen der Messgenauigkeit stabil (Wilbrand et al. 2011). Der CVAI fiel bis zu diesem Zeitpunkt minimal und nicht signifikant ($p=0,7229$), sodass von einem stabilen Behandlungsergebnis im Verlauf von 5 Jahren gesprochen werden kann.

Der CI hingegen fiel in diesem Zeitraum kontinuierlich weiter ab und normalisierte sich zwischen Erst- und Kontrolluntersuchung. Dabei war es nicht relevant, ob eine Helmtherapie durchgeführt wurde oder nicht. Das Längenwachstum des Kopfes überwiegt also in der Regel das Breitenwachstum bis zur Einschulung deutlich und eine zentral-occipitale Abflachung des Hinterkopfes im Sinne eines Brachycephalus hat auch ohne eine Kopforthesentherapie die Tendenz, sich zu normalisieren. Dies muss jedoch im Hinblick darauf eingeschränkt als gültig betrachtet werden, als dass in der vorliegenden Untersuchung im Wesentlichen Plagiocephalien untersucht worden sind. Die Zahl der isolierten Brachycephalien in dieser Arbeit ist klein und eher mild bis moderat ausgeprägt. Auch wenn die Statistik hier Hinweise gibt, ist zur definitiven Klärung der Frage, bis zu welcher Ausprägung sich Brachycephalien spontan korrigieren, eine umfangreichere Studie zu dieser Fragestellung notwendig. In Praxi wird bei stark ausgeprägten Brachycephalien (Breite des Kopfes überschreitet die Länge des Kopfes – der Kopf ist queroval geformt) trotz der hier vorliegenden Ergebnisse eine

Helmtherapie weiterhin empfohlen.

Im Vergleich kam es in Gruppe 2 nur zu einer leichten Besserung des CVAI im Median. Dies bedeutet jedoch nach der Gießener Schweregradeinteilung ebenfalls einen Wechsel von einer moderaten zu einer milden Schädeldeformität, allein durch die physiologische Größenzunahme des Kopfes. Zu einer Normalisierung der Kopfform kam es jedoch nicht (Wilbrand et al. 2012). Die absoluten Messwert des CVA blieben im Median über die fünf Jahre unverändert.

Wie kann die Tatsache erklärt werden, dass es zu einer Abnahme des CVAI bei konstantem CVA in Gruppe 2 kommt? Dies liegt daran, dass der CVAI eine Verhältniszahl ist. Die Formel setzt die Differenz aus den beiden Schädeldiagonalen, also den CVA, in Beziehung zur kürzeren Schädeldiagonalen. Durch das physiologische Kopfwachstum kommt es zu einer Längenzunahme aller Strecken, also auch der kürzeren Diagonale, bei gleichbleibendem CVA. Dadurch kommt es zu einer Abnahme des CVAI. Die Abnahme des CVAI bei gleichbleibendem CVA ist also am ehesten durch eine Umfangsvermehrung des Kopfes erklärt und nicht durch eine tatsächliche Symmetrisierung des Kopfes.

Es muss daher diskutiert werden, ob der CVAI zur verlässlichen Erfassung der Verbesserung einer Schädeldeformität der geeignete Parameter ist. Einerseits bessert sich dieser alleine durch Wachstum, ohne dass ein Ausgleich der Schädelasymmetrie stattfindet. Andererseits wird die Asymmetrie durch die Umfangszunahme des Kopfes im Verlauf unauffälliger.

Der CVAI wird immer wieder in internationalen Studien zur Messung einer Schädelasymmetrie herangezogen. Insbesondere solche Studien, die eine spontane Verbesserung der Schädeldeformität ohne (Kopforthesen-)Therapie beschreiben, bedienen sich dieses Parameters. Es muss daher hinterfragt werden, ob in diesen Studien wirklich eine absolute Verbesserung der Schädelasymmetrie gefunden wird oder ob lediglich durch die Zunahme des Kopfumfanges eine relative Verbesserung zu sehen ist.

Die Studien von van Wijk et al., Loveday et al. und Hutchison et al. begründeten allesamt eine Verbesserung der Schädelasymmetrie durch eine Besserung des CVAI (van Wijk et al. 2014), (Loveday und Chalain 2001), (Hutchison et al. 2011). Aus

unserer Sicht ist zur objektiven Darstellung der Verbesserung einer Schädeldeformität der CVA der bessere Parameter. Dieser ist unabhängig vom Wachstum und verbessert sich ausschließlich dann, wenn die durchgeführte Therapie eine tatsächliche Symmetrisierung des Kopfes erzielt hat.

Im Hinblick auf den CI bleibt festzustellen, dass dieser in Gruppe 1 in der 5-Jahres-Nachuntersuchung von im Median 92,7 % auf 82,9 % abgenommen hat und somit zu diesem Zeitpunkt im Normalbereich liegt. Der Normbereich liegt zwischen 81 und 92 % (Wilbrand et al. 2012b). Vergleicht man dies mit der Gruppe 2, in welcher der CI im Median von 93,4 % auf 85,2 % zurückgegangen ist, zeigt sich, dass es in dieser Gruppe ebenfalls zu einer Normalisierung des CI kommt. Beide Gruppen unterschieden sich nicht signifikant ($p=0,373$) in ihren Ausgangswerten. Daher weisen unsere Daten darauf hin, dass die Veränderung des CI nicht signifikant von der gewählten Therapie beeinflusst werden ($p=0,3709$). Final ließe sich diese Frage jedoch nur im Rahmen einer weiteren, auf Brachycephalien ausgerichteten Forschungsmaßnahme klären.

Van Wijk et al. verglichen in einer Studie aus dem Jahr 2014 zwei Gruppen, welche randomisiert einer individuellen Kopforthesentherapie oder einer krankengymnastischen Beübung zugeführt wurden. In beiden Gruppen erfolgte der Beginn der Therapie im 5.-6. Lebensmonat. Es wurde eine Reduktion des CVAI von etwa 3 Prozentpunkten in beiden Therapiearmen erreicht. Die Probanden der Gruppe, welche eine individuelle Kopforthese erhielten, zeigten einen Rückgang des CVAI im Mittel von 3,1 %. In der Gruppe, in welcher ausschließlich krankengymnastische Beübung durchgeführt wurde, kam es zu einem Rückgang des CVAI im Mittel 2,9 % (van Wijk et al. 2014). Das Alter der Probanden lag bei der abschließenden Messung bei 24 Monaten. In aller Regel wächst der kindliche Kopf in dieser Zeit, orientiert man sich an den WHO-Perzentilenkurven für das Kopfumfangwachstum, im Mittel etwa 5 cm. Es bleibt festzustellen, dass kein signifikanter Unterschied in beiden Behandlungsgruppen auftrat und insbesondere, dass bei einer Therapie mit einer Kopforthese keine deutliche Verbesserung der Schädeldeformität erreicht werden konnte (van Wijk et al. 2014). Die Ergebnisse unserer Studie zeigen dagegen einen erheblichen Unterschied sowohl im Vergleich zum Kollektiv von van Wijk et al. als auch zwischen beiden Gruppen unserer Studie. Es kommt in unserer Studie zu einer weitaus stärkeren Reduktion des CVAI in Gruppe 1 und dies trotz des

„fortgeschrittenen“ Alters.

In unserer Studiengruppe 2 (keine Orthesenbehandlung) sehen wir hingegen vergleichbare Behandlungsergebnisse wie im Gesamtkollektiv von van Wijk et al.. Die These, dass eine alleinige krankengymnastische Behandlung zu den gleichen Behandlungsergebnissen wie eine Helmtherapie führt, trifft für das behandelte Kollektiv von van Wijk et al. durchaus zu. Stellt man jedoch die „Kopforthesengruppe“ aus der niederländischen randomisierten Studie unserer Gruppe 1 gegenüber, so zeigt sich ein hochsignifikant besseres Behandlungsergebnis durch die Kopforthesentherapie in unserer Studie. Wir haben gezeigt, dass eine Orthesenbehandlung eine sehr effektive Korrektur der Kopfform ermöglicht und der alleinigen Krankengymnastik stark überlegen ist. Es bleibt zu bemerken, dass die niederländische Studie eine Komplikationshäufigkeit von 96 % angibt. Die Helmtherapie, wenn sie von einem trainierten Team und mit guter Anleitung der Eltern durchgeführt wird, hat hingegen eine Komplikationsrate von etwa 20 % (Wilbrand et al. 2012). Eine Normalisierung von Schädeldeformitäten ohne eine Kopforthesentherapie konnte in unserer Studie allenfalls in Bezug auf den CI nach 5 Jahren gezeigt werden. Es kam zu einer Angleichung der Messwerte beider Gruppen nach 5 Jahren in Richtung Normbereich. Auch van Wijk et al. beobachteten eine solche Entwicklung, Abfall im Median von 93,4% auf 86,4%. (Kopforthese) bzw. von 90,3 % auf 83,5 % (ohne Kopforthese)) (van Wijk et al. 2014).

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Loveday et al. in einer Studie aus dem Jahre 2001. Sie verglichen ebenfalls die Behandlung lagebedingter Kopfdeformitäten mittels Krankengymnastik und individueller Kopforthese. In beiden Gruppen kam es zu einem Abfall des CI, in der Gruppe der Kinder, welche mit einer Kopforthese behandelt wurden, fiel der CI im Median von 88,2 % auf 86,2 %. In der Gruppe, in welcher die Kinder mit einer krankengymnastischen Behandlung therapiert wurden, fiel der CI im Median von 89,6 % auf 87,8 %.

Der CVAI fiel in dieser Studie im Median um 1,9 % (krankengymnastische Behandlung) und 1,8 % (Orthesenbehandlung). Der Initiale CVAI betrug in der Gruppe, welche eine Orthesenbehandlung erhalten haben, 8,0 %. In der Gruppe welche mit Krankengymnastik therapiert wurden, 7,3 %. Auch diese Autorengruppe kam zu dem Ergebnis, dass beide Therapieformen gleichwertig seien. Der Vorteil der Therapie mit einer individuellen Kopforthese wäre lediglich die kürzere Behandlungsdauer (Loveday

und Chalain 2001).

In einer weiteren Arbeit aus dem Jahre 2011 von Hutchison et al. erfolgte die Nachuntersuchung einer Gruppe von Kindern, welche eine lagebedingte Schädeldeformität aufwiesen und sich im Alter zwischen 3 und 4 Jahren zu einer erneuten Nachuntersuchung vorstellten. Bei Erstvorstellung waren die Probanden im Mittel 5,8 Monate alt. Die Therapie umfasste lediglich Lagerungsmanöver. Die Eltern erhielten eine ausführliche Anleitung, wie diese umzusetzen sind. Falls die Probanden eine Bewegungseinschränkung im Bereich des Nackens aufwiesen, erfolgte zusätzlich die Durchführung einer krankengymnastischen Behandlung. Der CI fiel im Median von 92,6 % auf 87 % und es trat eine Normalisierung ein. Der erhobene CVAI initial betrug 8,6 %. Bei Wiedervorstellung betrug er noch 5,4 % (Hutchison et al. 2011).

In Bezug auf die beiden anderen Messwerte, den CVAI und den CVA, verhält es sich in unserer Untersuchung anders als in den Arbeiten von Loveday et al. und Hutchison et al.

Die Auswertung des Messwertes CVAI zeigt, dass sich dieser in unserer Behandlungsgruppe deutlich durch die Therapie mit einer Kopforthese verbessert hat. Das im frühen Lebensalter erreichte Ergebnis zeigt sich in der 5-Jahres-Nachuntersuchung konstant. Beide Autorengruppen postulierten, dass dies genauso in der Gruppe der Kinder stattfände, in welcher ausschließlich eine krankengymnastische Behandlung durchgeführt wurde. In der Arbeit von Loveday et al. kam es im Mittel zu einem Rückgang des CVAI in beiden Gruppen von 1,9 beziehungsweise 1,8 Prozentpunkten (Loveday und Chalain 2001). In der Arbeit von Hutchison et al. wurde ein Rückgang des CVAI im Mittel von 3,2 Prozentpunkten festgestellt (Hutchison et al. 2011). Unsere Ergebnisse zeigen jedoch, dass durch Behandlung mit einer Kopforthese ein weitaus besseres Behandlungsergebnis erzielt werden kann, als dies in den anderen Arbeiten erreicht wurde. Im Median kam es zu einem Abfall des CVAI um 11,0 Prozentpunkte. Damit konnte eine signifikante ($p < 0,05$) Verbesserung des CVAI in der Gruppe der Probanden, welche eine Therapie mit einer individuellen Kopforthese erhalten haben, gezeigt werden. Jedoch wurde in der Gruppe, in welcher keine Therapie mit Kopforthesen durchgeführt wurde, lediglich eine Verbesserung des CVAI im Median um 1,2 Prozentpunkte erreicht, dies entspricht in etwa den Ergebnissen von Hutchison et al. und Loveday et al. (Hutchison et al. 2011), (Loveday und Chalain 2001).

Hier spielt gegebenenfalls ein Unterschied in der Vermessung der Schädeldiagonalen eine tragende Rolle. Loveday et al. definierten erstmals den Cranial Vault Asymmetry Index, indem sie die Diagonalen exakt bei 30° von der Längsachse des Kopfes definierten. Aus unserer Sicht wird zwar mit dieser Methode standardisiert gemessen, jedoch nur in den seltensten Fällen das Maximum der Schädelasymmetrie erfasst. Die Messung der transkraniellen Diagonalen bei 40° oder 50° bzw. am Punctum maximum der Asymmetrie und im Bereich der Lambdanaht trägt dem klinischen Bild besser Rechnung.

Die Auswertung des Messwertes CVA in der Gruppe der Probanden, welche mit einer individuellen Kopforthese behandelt wurden, zeigte einen Rückgang im Median von 1,7 cm auf 0,2 cm durch die Kopforthesentherapie. Im Rahmen der 5-Jahres-Nachuntersuchung wurde im Median ein CVA von 0,3 cm gemessen.

Im Gegensatz dazu zeigte sich in der Gruppe der Probanden, welche nicht mit einer individuellen Kopforthese behandelt wurden, keine Veränderung des CVA. Dieser betrug im Median 1,0 cm zum Zeitpunkt der Therapieentscheidung und 1,0 cm im Rahmen der 5-Jahres-Nachuntersuchung. Daraus kann geschlossen werden, dass eine spontane Normalisierung von Schädeldeformitäten bis zum Zeitpunkt der Einschulung nicht stattfindet.

Zu den gleichen Ergebnissen kamen Lipira et al., Mulliken et al. und Teichgräber et al. Sie publizierten Arbeiten, die postulierten, dass die Therapie mit einer individuellen Kopforthese eine weitaus effektivere Therapie als die alleinige krankengymnastische Beübung ist und bei moderaten bis schweren Schädeldeformitäten zum Einsatz kommen sollte. In der Arbeit von Lipira et al. konnte in der Gruppe, in welcher eine Therapie mit individueller Kopforthese durchgeführt wurde, eine Verbesserung des CVA im Mittel von 8,4 mm auf 3,9 mm gemessen werden. Im Gegensatz dazu wurde in der Gruppe, wo allein mit krankengymnastischer Behandlung therapiert wurde, lediglich eine Besserung des CVA von 8,1 mm auf 4,7 mm festgestellt. Die Auswertung zeigt ein signifikant besseres Abschneiden der Gruppe, welche mit individuellen Kopforthesen behandelt wurde. In beiden Gruppen lag initial nach der Gießener Definition nur eine milde Plagiocephalie vor. Es wurde eine signifikant kürzere Behandlungszeit bei Durchführung einer Kopforthesentherapie festgestellt (Lipira et al. 2010).

Teichgräber et al. zeigten in einer Arbeit aus dem Jahre 2004, dass durch die

Verwendung einer individuellen Koporthese ein signifikanter Rückgang der Schädelasymmetrie erreicht werden kann (Teichgraeber et al. 2004).

Mulliken et al. stellten in ihrer Arbeit eine stärkere Reduktion der Schädeldeformität bei Behandlung der Schädeldeformität mit einer individuellen Koporthese fest. In der Gruppe, in welcher eine Therapie mit Koporthese durchgeführt wurde, ging der CVA von Initial 1,2 cm auf 0,6 cm bei der letzten Vorstellung zurück. In der Gruppe, welche keine Helmtherapie erhalten hat, ging der CVA lediglich von 1,2 cm auf 1,0 cm zurück. Es wurde ein signifikant stärkerer Rückgang des CVA durch die Behandlung mit einer Koporthese festgestellt (Mulliken et al. 1999). Weiterhin wurde gleichwohl festgestellt, dass die krankengymnastische Therapie in Fällen einer milden Ausprägung einer lagebedingten Schädeldeformität zunächst die bevorzugte Behandlungsmethode darstellen sollte (Lipira et al. 2010), (Mulliken et al. 1999), (Teichgraeber et al. 2004).

Betrachtet man objektiv die vorliegenden Studien zu Behandlungsmodalitäten der lagebedingten Schädelasymmetrie, so muss festgestellt werden, dass das Ergebnis von Studien, die den CVAI als Indikator für die Wirksamkeit der Behandlung nutzen, lautet: Krankengymnastik stellt die der Koporthesentherapie gleichwertige Behandlungsform dar (Loveday und Chalain 2001), (Hutchison et al. 2011), (van Wijk et al. 2014). Studien, die jedoch feststellen, dass die Orthesenbehandlung die wirksamere Behandlungsmethode ist, bedienen sich des CVA als Indikator für das Ausmaß der Schädelasymmetrie (Teichgraeber et al. 2004), (Lipira et al. 2010), (Mulliken et al. 1999).

Die Analyse der bevorzugten Behandlungsmethode und welcher Zielparameter zur Messung des Erfolges herangezogen wurde, soll in der folgenden Tabelle übersichtlich dargestellt werden:

Studie	CVAI	CVA	Ergebnis	p
Lipira et. al		x	Helmtherapie bessere Wirkung als Krankengymnastik	0,02
Mulliken et. al		x	Helmtherapie bessere Wirkung als Krankengymnastik	< 0,001
Teichgräber et. al		x	Helmtherapie bessere Wirkung als Krankengymnastik	< 0,01
Loveday et. al	x		Krankengymnastik wirkt genauso gut wie Helmtherapie	k.A.
Hutchison et. al	x		Krankengymnastik wirkt genauso gut wie Helmtherapie	k.A.
van Wijk et. al	x		Krankengymnastik wirkt genauso gut wie Helmtherapie	0,74

Tabelle 18: Ergebnisse vorangegangener Studien in Abhängigkeit des ausgewerteten Parameters

Aarnivala et al. veröffentlichten erst 2017 eine Studie, welches den CVAI bzw. den OCLR als denjenigen Parameter verteidigt, welcher zur Messung des Erfolges herangezogen werden sollte (Aarnivala et al. 2017). Kernaussage dieser Publikation ist, dass die sichtbare Asymmetrie der Faktor ist, welcher zu einem Behandlungswunsch führt. Die sichtbare Asymmetrie wird jedoch im Laufe der Jahre zunehmend besser/relativiert sich.

Unklar bleibt, ob nicht das absolute Ausmaß einer Schädelasymmetrie im längerfristigen Verlauf eventuell zu einem funktionellen Problem führt oder nicht. Unsere Ergebnisse zeigen eine signifikante Verbesserung beider Messparameter, sowohl des CVA als auch des CVAI.

Einschränkend ist anzumerken, dass in der Gruppe der Kinder, welche keine Therapie mit einer individuellen Kopforthese erhalten haben, in der Regel eine „alternative“ Therapie durchgeführt wurde, welche aus krankengymnastischer Therapie, Lagerungsmanövern und/oder Osteopathie bestand. Welche Therapie durchgeführt wurde, ist zufällig, da vor Beginn der Studie keine durchzuführende „Behandlungsalternative“ festgelegt wurde. Dies könnte die schlechtere Entwicklung des CVA und CVAI dieser Gruppe im Vergleich zu den Ergebnissen von van Wijk et al., Loveday et al. und Hutchison et al. erklären. In deren Arbeiten erfolgte die detaillierte Anleitung der Eltern zur Durchführung von krankengymnastischen Übungen im häuslichen Umfeld unter stetiger engmaschiger Reevaluation. Dieses Vorgehen konnte jedoch allenfalls eine moderate Schädeldeformität in eine milde beziehungsweise eine

milde Schädeldeformität in den „Normalbereich“ überführen. Es war jedoch nicht ausreichend, um eine moderate, geschweige denn eine schwere Schädeldeformität in den „Normalbereich“ zu überführen.

Wir konnten in unserer Studie aufzeigen, dass in Gruppe 1, d.h. Probanden, welche mit einer individuellen Kopforthese behandelt wurden, nach Abschluss der Helmtherapie der erreichte Therapierfolg über fünf Jahre stabil blieb. In Gruppe 2 wurde jedoch lediglich erhoben, ob eine alternative Therapie durchgeführt wurde oder nicht. Es wurde keine detaillierte Anleitung zur Durchführung der Übungen erstellt und es gab keine Vorgaben, welche Physiotherapeuten aufgesucht werden müssen. Da es lediglich eine retrospektive Erhebung war, konnte nicht zuverlässig die Dauer der jeweiligen alternativen Therapie erhoben werden. Deshalb wurde lediglich erhoben, welche alternative Therapie durchgeführt wurde. Diese beiden Tatsachen erklären ebenfalls das schlechtere Abschneiden dieser Gruppe im Vergleich zur Studie von van Wijk et al..

Kritisch bleibt anzumerken, dass eine Randomisierung in unserer Studie nicht durchgeführt wurde. Weiterhin bleibt kritisch anzumerken, dass die Kinder aus Gruppe 1 zumindest in Bezug auf CVA und CVAI einen höheren Schweregrad als diejenigen in Gruppe 2 aufwiesen, jedoch statistisch Strukturgleichheit dieser beiden Gruppen in Bezug auf CVA und CVAI vorlag ($p < 0,001$). Ebenso ist von uns nicht genau festgelegt oder verfolgt worden, ob und welche therapeutischen Schritte in Gruppe 2 zur Anwendung kamen. Dies hätte den vorgelegten Daten eine höhere Aussagekraft verliehen.

Positiv bleibt anzumerken, dass eine solche Studie, welche Probanden (orthetisch Behandelte und Unbehandelte) miteinander nach 5 Jahren verglich, bislang nicht existiert.

Diskussion der Nebenzielparameter

Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte die Erhebung der Messdaten für Kopfumfang, Kopflänge, Kopfbreite und die Diagonalen A und B. Diese wurden sowohl durch Vermessung des Schädels mit anthropometrischer Zirkelmessung als auch mit dem modernen Instrument der 3D-Fotographie erhoben. Die Intra- und Interuntersuchervariabilität beträgt bei Durchführung der 3D-Fotogrammetrie nach Schaaf et al. zwischen 2,6 und 3,6%, je nach zugrunde liegender Schädeldeformität (Schaaf et al. 2010). Diese ist vergleichbar mit der Variabilität für anthropometrische Zirkelmessungen. Nach Wilbrand et al. beträgt diese etwa 0,2 cm (Wilbrand et al. 2011).

Die vergleichende Auswertung der beiden Messverfahren ergab einen Unterschied von im Median 0,47 % für den CVAI. Dies entspricht etwa den Ergebnissen von Schaaf et al. aus dem Jahr 2010. In dieser Arbeit wurde festgestellt, dass die 3dimensionale Fotogrammetrie zu einer vergrößerten Darstellung des Kopfes führt. Im Mittel beträgt diese rund 2 % (Schaaf et al. 2010).

In einer Arbeit von Spitzer et al. aus dem Jahr 2011 erfolgte der Vergleich von verschiedenen Messmethoden miteinander. Er verglich die Vermessung des Kopfes anhand einer Computertomographie mit der 3-Dimensionalen Fotogrammetrie und mit der Messzirkelerfassung. In dieser Arbeit zeigte sich kein signifikanter Unterschied der gemessenen Strecken bei den unterschiedlichen Verfahren. Es wurden jedoch lediglich in vitro-Messungen an Schädelmodellen durchgeführt. Hiernach war die Vermessung mittels Computertomogramm die genaueste der drei Methoden. Diese ist jedoch mit einer hohen Strahlenbelastung verbunden und daher bei Säuglingen nur bei entsprechender Indikation durchführbar. Der 3dimensionalen Fotogrammetrie wurde eine hohe Verlässlichkeit und vor allem auch Untersucherunabhängigkeit zur Vermessung kindlicher Schädel attestiert. Allerdings stelle die Festlegung der einzelnen Messpunkte durch den Untersucher eine Fehlerquelle dar (Spitzer et al. 2011).

Der Anteil der Kinder welche eine Malokklusion aufwiesen lag in Gruppe 1 bei 43,9 % in Gruppe 2 bei 55,5 %. Die Prävalenz für Malokklusionen wird nach einer Studie von Dimberg et al. aus dem Jahr 2015 mit 56 % im Alter von 7 Jahren angegeben. Dies entspricht dem Wert der Gruppe 2 (Dimberg et al. 2015). Die Auswertung der Daten

bezüglich des Merkmals Neutralokklusion zeigt, dass in der Gruppe der Kinder, in welcher keine Therapie mit einer individuellen Kopforthese durchgeführt wurde, eine erhöhte Prävalenz für das Auftreten einer Malokklusion (Mesial-, Distalokklusion, Mittellinienverschiebung, Kreuzbiss oder anderes) zu verzeichnen ist. Die Prävalenz in dieser Gruppe liegt um etwa 11,5 Prozentpunkte höher als in der Gruppe der Kinder, welche eine Therapie mit einer individuellen Kopforthese erhalten haben. Wir führten jedoch eine rein deskriptive Betrachtung durch und können deshalb einen Kausalzusammenhang zwischen Helmtherapie und Korrektur einer eventuell vorliegenden Kieferfehlstellung mit dieser Untersuchung nicht ableiten, Des Weiteren wird die Aussagekraft dieser Studie durch die geringe Anzahl der Probanden, welche die jeweiligen Gruppen aufwiesen, enorm eingeschränkt, insbesondere auch, da ein Selection Bias vorliegen könnte. Es wurde ebenfalls die Möglichkeit der Spontankorrektur von Malokklusionen nicht berücksichtigt, dies ist vor allem bei jenen Probanden, welche eine Distalokklusion im Wechselgebiss aufwiesen, nicht geschehen. Bei diesen Kindern könnte sich durch den Zahnwechsel im Bereich der Milchmolaren und dem vorhandenen Leeway Space durchaus eine Neutralokklusion einstellen. Jedoch werden unsere Daten durch zwei Studien bestätigt. In den prospektiven Studien von Kluba et al. und von Kunz et al. zeigen die publizierten Daten ähnliche Ergebnisse. Es wurde ebenfalls eine erhöhte Prävalenz von Malokklusionen bei Plagiocephalien festgestellt (Kluba et al. 2016), (Kunz et al. 2018).

In einer Arbeit von St. John et al aus dem Jahr 2002 wurde eine Vermessung des Unterkiefers durchgeführt. In dieser Arbeit zeigt sich, dass bei Kindern, welche eine lagebedingte Schädeldeformität aufweisen, auch die Länge der beiden Seiten des Unterkiefercorpus unterschiedlich war (St John et al. 2002). Eine Asymmetrie im Bereich der Mandibula stellt einen Risikofaktor für die Entstehung einer skelettal bedingten Malokklusion dar. Die hier vorliegenden Ergebnisse erhärten den Verdacht, dass unbehandelte lagebedingte Schädeldeformitäten zu einem gehäuften Auftreten von Malokklusionen führen könnten. Im Studiendesign wurde lediglich die Kategorie der Malokklusionen gebildet Es fand keine Unterteilung in skeletale, dentale oder funktionelle Ursachen der Malokklusion statt. Dies schränkt die Aussagekraft ebenfalls stark ein, da zu erwarten wäre, dass lediglich skelettal bedingte Malokklusionen eine erheblich höhere Prävalenz in Gruppe 1 aufweisen sollte. Die Unterscheidung wurde

aufgrund der Tatsache, dass zur Einteilung zwingend eine Röntgendiagnostik notwendig gewesen wäre, nicht angestrebt. Dies könnte jedoch eine Erklärung für die scheinbar paradoxen Befunde, Kreuzbiss bzw. Mittellinienverschiebung und ipsilaterale occipitale Abflachung bzw. keine occipitale Abflachung sein. So liegt diesen Befunden höchstwahrscheinlich eine funktionelle oder dentale Ursache zugrunde und keine skeletale.

Betrachtet man alleine die Untergruppe der sagittalen Kieferrelation zeigt sich in beiden Gruppen in etwa die gleiche Prävalenz für das Auftreten von isolierten Malokklusionen (Mesial- oder Distalokklusion). Diese betrug in Gruppe 1 15 % und in Gruppe 2 14,6 %. Es wurden weiterhin die Untergruppen Mittellinienverschiebung und Kreuzbiss ausgewertet. Es wurde analysiert, ob eine Korrelation mit der occipitalen Abflachung festzustellen ist. In der Untergruppe Kreuzbisse konnte kein Zusammenhang zwischen der Seite der occipitalen Abflachung und der Seite des Kreuzbisses aufgezeigt werden. In der Arbeit von Kunz et al. aus dem Jahr 2018 wurde eine Korrelation zwischen der Seite des Kreuzbisses und der occipitalen Abflachung festgestellt. In dieser Arbeit trat der Kreuzbiss, in der Gruppe der behandelten Kinder, in etwa 83 % auf der kontralateralen Seite auf. Die Inzidenz der Kreuzbisse lag in dieser Arbeit bei etwa 19 % (Kunz et al. 2018). Die Inzidenz in unserer Studie für Kreuzbisse lag in der Gruppe der behandelten Kinder bei 15 %. Diese beiden Werte sind in etwa vergleichbar.

In der Untergruppe der Mittellinienverschiebungen zeigte sich in Gruppe 2, dass etwa 88 % der diagnostizierten Mittellinienverschiebungen kontralateral zur Seite der occipitalen Abflachung auftraten. Die Inzidenz der Mittellinienverschiebung lag mit 26,8 % deutlich über der in Gruppe 1 (15 %). Dies zeigte sich ebenfalls in der Studie von Kunz et al. (Kunz et al. 2018).

Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse bedarf es zur weiteren Klärung der Frage, ob lagebedingte Schädeldeformitäten Fehlbisse bedingen, weiterer prospektiver klinischer Studien mit einer größeren Fallzahl. Diese laufen zurzeit am Zentrum für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Uniklinikums Gießen.

Auf den Stellenwert alternativer Behandlungsmethoden wie Lagerungsmanöver, Osteopathie und die krankengymnastische Therapie wurde kurz im Rahmen der Diskussion der Veränderung des CVA, CVAI und CI eingegangen. Diese sollten als sinnvolle Ergänzungen zu einer Therapie mit einer individuellen Kopforthese gesehen

werden. Die krankengymnastische Therapie ist die am besten untersuchte Behandlungsalternative. Sie ist je nach Ausprägung der Schädeldeformität als alleinige Behandlungsmethode sinnvoll und effektiv. Diese wird regelmäßig ergänzend zu einer Therapie mit einer individuellen Kopforthese durchgeführt, wenn die Beweglichkeit des Kopfes eingeschränkt ist (Bialocerkowski et al. 2005). Die Wirksamkeit von Lagerungsmanövern und Osteopathie auf die Verbesserung moderater oder schwerer Schädeldeformitäten wurde bislang nicht ausreichend wissenschaftlich untersucht.

5. Schlussfolgerung

Nach Auswertung der erhobenen Daten konnte aufgezeigt werden, dass eine Helmtherapie eine effektive Therapiemöglichkeit zur Behandlung von lagebedingten Schädeldeformitäten darstellt. Durch statistische Auswertung der Merkmale CVA und CVAI konnte gezeigt werden, dass die Helmtherapie bei Plagiocephalien einen signifikanten Einfluss auf das resultierende Behandlungsergebnis hat, sowohl unmittelbar nach Abschluss der Therapie als auch im Rahmen der 5-Jahres-Follow-up-Untersuchung ($p < 0,0001$). Es wurde jedoch auch in Bezug auf den CI festgestellt, dass in beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied durch die Behandlung im Rahmen der 5-Jahres-Follow-up-Untersuchung festzustellen ist ($p = 0,3709$). Es konnte lediglich eine schnellere „Normalisierung“ der Brachycephalie erreicht werden.

Es konnten Hinweise dafür gefunden werden, dass eine Plagiocephalie zu einem gehäuften Auftreten von Malokklusionen führen kann. In Bezug auf dieses Thema sind jedoch umfangreiche prospektive Studien notwendig, da aufgrund der sehr kleinen Studienkohorte und des damit einhergehenden höheren Risikos eines Selection Bias, des Studiendesigns und der aus diesem Grunde nicht sicher abzugrenzenden Ätiologie der Malokklusion keine statistisch validen Aussagen generiert werden konnten.

Die 3D-Fotogrammetrie stellt eine sichere und reproduzierbare Alternative zur Cephalometrie dar. Es ergab sich eine Messtoleranz im Median von 2%. ($\pm 0,85\%$)

Abschließend bleibt festzustellen, dass die Helmtherapie eine sichere und ausreichende Korrektur auch schwerer Schädeldeformitäten zulässt. Ob Malokklusionen durch eine Helmtherapie positiv beeinflusst werden können, muss in prospektiven Studien geklärt werden.

6. Zusammenfassung

In den letzten Jahren war ein sprunghafter Anstieg der Inzidenz der lagebedingten Schädeldeformitäten zu verzeichnen. Dies ist vor allem auf die „Back to sleep Campaign“ der American Academy of Pediatrics zur Vermeidung des plötzlichen Kindstodes (Sudden infant death syndrome; SIDS) zurückzuführen. Durch die Empfehlung, die Kinder während des Schlafens auf dem Rücken zu lagern, kam es zu einem Anstieg der Inzidenz lagebedingter Schädeldeformitäten. Neben der Stigmatisierung der Kinder durch moderate bis schwere Schädeldeformitäten sind die erhöhte Prävalenz von Malokklusionen und das Auftreten von neurologischen Entwicklungsverzögerungen Gründe für die Behandlungsempfehlung dieses Krankheitsbildes. Behandlungsmethoden, welche eine wirksame Therapie von lagebedingten Schädeldeformitäten darstellen, sind einerseits die krankengymnastische Beübung und Lagerung der Kinder und andererseits die Behandlung mit einer individuellen Kopforthese. Die Therapiemöglichkeit mit einer Kopforthese wurde erstmals von Clarren et al. im Jahr 1979 in der Literatur erwähnt.

In der Literatur wird immer wieder angeführt, die krankengymnastische Therapie sei genauso effektiv zur Korrektur von Schädeldeformitäten wie die Behandlung mit einer Kopforthese. Da dies nicht der klinischen Erfahrung aus unserer Sprechstunde entspricht, sollte mit dieser Arbeit die Effektivität und der Langzeiterfolg der Behandlung mit einer individuellen Kopforthese mit dem spontanen Verlauf anhand von 40 behandelten und 41 unbehandelten Kindern vergleichend aufgezeigt werden. Wir konnten zeigen, dass eine signifikante Besserung von Plagiocephalien, also asymmetrischen occipitalen Abflachungen, bei moderater bis schwerer Ausprägung nur mit einer individuellen Kopforthese zu erreichen ist ($p < 0,0001$). Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Brachycephalien nicht von einer Therapie mit einer individuellen Kopforthese profitieren und sich langfristig auch ohne Kopforthese normalisieren ($p = 0,3709$). Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass die 3dimensionale Fotogrammetrie ein modernes Verfahren zur Vermessung von kindlichen Köpfen ist, welches sehr genau (CVAI, KI=-0,45-0,86; CI, KI=-2,94--1,24), reproduzierbar und nicht-invasiv, ist. Nach Auswertung der Bisslagen bei Kindern mit Schädeldeformitäten konnten Hinweise für erhöhtes Auftreten von Fehlbissen in der Gruppe derjenigen

Probanden aufgezeigt werden, welche keine Kopforthesentherapie erhalten haben.

Summary

In recent years, there has been a sharp increase in the incidence of positional plagiocephaly. This is mainly due to the "Back to Sleep campaign" initiated by the American Academy of Pediatrics for the prevention of the sudden infant death syndrome (SIDS). The recommendation to place children on their back while sleeping led to an increase in the incidence of positional plagiocephaly. In addition to the stigmatization of children because of moderate to heavy positional plagiocephaly, the increased incidence of malocclusions and the occurrence of neurological developmental delays are reasons for the treatment recommendation of this clinical picture. Methods of treatment that present an effective therapy for positional plagiocephaly include on one hand physiotherapeutic exercises and positioning of the children and on the other hand treatment with an individual head orthosis. Therapeutic options using a head orthosis were first mentioned in literature in 1979 by Clarren et al.

Literature repeatedly states that physiotherapeutic therapy is just as effective in correcting cranial deformities as the treatment with a head orthosis. As this does not correspond to our clinical experiences, this study is intended to compare the effectiveness and long-term success of treatment using an individual head orthosis with the spontaneous course, involving 40 treated and 41 untreated children. We were able to prove that significant improvement of plagiocephalies, i.e. asymmetrical occipital flattening, at a moderate to severe level can only be achieved by means of an individual head orthosis ($p < 0,0001$). Furthermore, it could be shown that at least mild to moderate brachycephalies do not benefit from a therapy with an individual head orthosis and normalize in the long term even without using such orthosis ($p = 0,3709$). We were also able to prove that 3-dimensional fotogrammetry presents a modern, very precise, reproducible and non-invasive method for the measurement of children's heads (CVAI, KI=-0,45-0,86; CI, KI=-2,94--1,24). After evaluation of the dental occlusion in children with positional plagiocephaly, we found an increased occurrence of dental malocclusions among the group of test persons who did not receive a head orthosis. Alternative therapy methods such as osteopathy, physical therapy and positioning exercises may be suitable to normalize mild cranial deformities and present a reasonable supplement to an individual head orthosis.

7. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AAP	American Academy of Pediatrics
bzw.	beziehungsweise
CI	cranial Index
CVA	cranial vault Asymmetry
CVAI	craniial vault asymmetry index
etc.	et cetera
eu	eurion
f	female (weiblich)
ft	frontotemporal
g	glabella
ld	lamboïd
m	male (männlich)
OCLR	Oblique Cranial Length Ratio
op	opisthocranium
SIDS	Sudden Infant Death Syndrome
sog.	sogenannte
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel
vs.	versus

8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Historische Methoden zur Steuerung des Kopfwachstums A und B Steuerung des Kopfwachstums mit Brettern; C Lenkung durch Kopfbandagen (Quelle: <http://www.physiologus.de>; 18.07.2012)

Abb. 2: Modell der Suturen, in welchen das Schädelwachstum stattfindet. Aus: SCOTT, J. H., DIXON, A. D.; Anatomy for students of dentistry. 4. ed., Churchill Livingstone, Edinburgh 1978 (Scott und Dixon 1980)

Abb. 3: Perzentilenkurven für Kopfumfang, Knaben und Mädchen, 0–4 Jahre (Quelle: World Health Organization und ebrary, Inc 2009)

Abb. 4: Plagiocephalie, Brachycephalie und kombinierte Schädeldeformität. (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Uniklinikum Gießen)

Abb. 5: Messpunkte bei der anthropometrischen Schädelmessung ft- frontotemporal; ld-lamboid;g-glabella; eu-aurion. (Quelle: Wilbrand et al. 2012b)

Abb. 6: Formeln zur Berechnung von CVA und CVAI zur Darstellung der Schädelasymmetrie (Quelle: Wilbrand et al. 2013)

Abb. 7: Formel zur Berechnung des Cranial Index (CI). (Quelle: Argenta et al. 1996)

Abb. 8: links: ear shift bei schwerer Form der Plagiocephalie; rechts Mittellinienverschiebung nach links und Kreuzbiss links (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Uniklinikum Gießen)

Abb. 9: Bestimmung der sagittalen Dimension des Bisses. a= Angle Klasse I; b= Angle Klasse II/1, c= Angle Klasse II/2; d= Angle Klasse III. (Quelle: Groschopp 2017)

Abb. 10: Graphische Darstellung des Overbite. (Quelle: Klemann 2006)

Abb. 11: Lagerungskissen (Quelle: <http://media.cleverekids-shop.de/Artikelbilder/800px/DMSJ7A.jpg>; 22.06.2014)

Abb. 12: Krankengymnastik nach Vojta. (Quelle: <http://www.vojta.com/de/vojta-prinzip/vojta-therapie>; 22.06.2014)

Abb. 13: Behandlung mit einer individuellen Kopforthese der Firma Cranioform® (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie des Uniklinikums Gießen)

Abb. 14: Medianes Alter der Kinder in beiden Gruppen der Grundgesamtheit bei Erstvorstellung

Abb. 15: Überblick zur Erstellung der Studienkohorte

Abb. 16: Durchführung anthropometrische Schädelmessung mit Maßband und Messzirkel. (Quelle: Wilbrand et al. 2011)

Abb. 17: Messpunkte zur anthropometrischen Schädelmessung (op - opisthocranium, ld - lamboid, t - Tragus, obs – otobasis superior, eu - eurion, ft - frontotemporal, n -Nasion, V – Vertex) (Quelle: Cranioform Analytics 3.0 Software; Cranioform AG, Alpnach, Schweiz)

Abb. 18: Canfield Vectra Five - Pod 3D Scanner. (Quelle: Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Uniklinikums Gießen)

Abb.19: Auswertung des 3D Fotoscans mit der Cranioform Analytics 3.0 Software. (Quelle: Cranioform AG, Alpnach, Schweiz)

Abb. 20: Geschlechterverteilung in beiden Gruppen

Abb. 21: Alter in Monaten bei Erstvorstellung in beiden Gruppen

Abb. 22: Alter in Monaten bei Basisuntersuchung in beiden Gruppen

Abb. 23: Entwicklung des CI in Gruppe 1 zwischen Erst-, Basis- und Nachuntersuchung

Abb. 24: Entwicklung des CVA in Gruppe 1 zwischen Erst-, Basis- und Nachuntersuchung

Abb. 25: Entwicklung des CVAI in Gruppe 1 zwischen Erst-, Basis- und Nachuntersuchung

Abb. 26: Entwicklung des CI in Gruppe 2 zwischen Basis- und Nachuntersuchung

Abb. 27: Entwicklung des CVA in Gruppe 2 zwischen Basis- und Nachuntersuchung

Abb. 28: Entwicklung des CVAI in Gruppe 2 zwischen Basis- und Nachuntersuchung

Abb. 29: Vergleichende Entwicklung des CI in beiden Gruppen (Erst → Erstvorstellung in Gruppe 1 und Basisuntersuchung in Gruppe 2; Basis (nur Gruppe 1) → Basisuntersuchung Gruppe 1; Nach → Nachuntersuchung in beiden Gruppen)

Abb. 30: Vergleichende Entwicklung des CVA in beiden Gruppen (Erst → Erstvorstellung in Gruppe 1 und Basisuntersuchung in Gruppe 2; Basis (nur Gruppe 1) → Basisuntersuchung Gruppe 1; Nach → Nachuntersuchung in beiden Gruppen)

Abb. 31: Vergleichende Entwicklung des CVAI in beiden Gruppen (Erst → Erstvorstellung in Gruppe 1 und Basisuntersuchung in Gruppe 2; Basis (nur Gruppe 1) → Basisuntersuchung Gruppe 1; Nach → Nachuntersuchung in beiden Gruppen)

Abb. 32 a): Auswertung der Differenz aus der anthropometrischen Zirkelmessung und dem durchgeführten 3D-Fotoscan für den **CI** aufgetragen gegen den Mittelwert aus Zirkel und Scan für jede einzelne Messung

Abb. 32 b): Auswertung der Differenz aus der anthropometrischen Zirkelmessung und dem durchgeführten 3D-Fotoscan für den **CVA** aufgetragen gegen den Mittelwert aus Zirkel und Scan für jede einzelne Messung

Abb.32 c): Auswertung der Differenz aus der anthropometrischen Zirkelmessung und dem durchgeführten 3D-Fotoscan für den **CVAI** aufgetragen gegen den Mittelwert aus Zirkel und Scan für jede einzelne Messung

Abb. 33: Inzidenz des Neutralbiss in Gruppe 1(55,5%) und in Gruppe 2(43,9%)

Abb. 34: Alternativ durchgeführte Therapien in Gruppe 2

Abb. 35: Prozentualer Anteil an logopädischen oder ergotherapeutischen Maßnahmen in den jeweiligen Gruppen

Abb. 36: Vergleich des medianen Alters der Stichprobe (Gruppe 1) mit dem medianen Alter der Grundgesamtheit

Abb. 37: Vergleich des medianen Alters der Stichprobe (Gruppe 2) mit dem medianen Alter der Grundgesamtheit

Tabelle 1: Einteilung der Plagiocephalien nach morphologischen Anhaltspunkten. (Quelle: Argenta et al. 2004)

Tabelle 2: Gießener Schweregradeinteilung der lagebedingten Schädeldeformitäten. (Quelle: Wilbrand et al. 2012a)

Tabelle 3: Einteilung der Brachycephalien, (Quelle: Argenta et al. 2004)

Tabelle 4: Übersicht über die Merkmalsausprägungen CI, CVA und CVAI in beiden Gruppen der Grundgesamtheit bei Erstvorstellung

Tabelle 5: Test auf Normalverteilung der Variablen mit dem Shapiro-Wilk und dem Kolmogorov-Smirnov-Test, Werte über 0,05 zeigen Normalverteilung an

Tabelle 6: Anthropometrische Indizes bei Erstuntersuchung in Gruppe 1

Tabelle 7: Erhobene Werte bei Basisuntersuchung in Gruppe 1

Tabelle 8: Anthropometrische Indizes bei 5-Jahres-Kontrolluntersuchung in Gruppe 1

Tabelle 9: Vergleich der anthropometrischen Indizes zwischen Erst- und Basisuntersuchung in Gruppe 1

Tabelle 10: Anthropometrische Indizes bei Basisuntersuchung in Gruppe 2

Tabelle 11: Anthropometrische Indizes bei Nachuntersuchung in Gruppe 2

Tabelle 12: Initiale Schweregrade in beiden Gruppen nach Ausprägung des CVA

Tabelle 13: Schweregradeinteilung in der Nachuntersuchung nach Ausprägung des CVA

Tabelle 14: Ergebnis der anthropometrischen Messungen zu den Messzeitpunkten 1 (Erstuntersuchung), 2 (Abschluss der Helmtherapie) und 3 (Nachuntersuchung) nach statistischer Auswertung für Gruppe 2 (nicht behandelt) und Gruppe 1 (behandelt) bei Erstvorstellung, nach Behandlung (nur Gruppe 1) und Nachuntersuchung nach 5 Jahren (SD - Standardabweichung, Min - Minimalwert, Max- Maximalwert, Δ - Änderung zwischen Untersuchungszeitpunkten)

Tabelle 15: Anteil an Neutralbissen und Fehlbissen in Gruppe 1 und 2 mit Unterteilung in Subgruppen

Tabelle 16: Anzahl an Mittellinienverschiebungen und Kreuzbissen. Korrelation zwischen Seite des Kreuzbisses bzw. Mittellinienverschiebung und Seite der occipitalen Abflachung

Tabelle 17: Ausprägung der Schweregrade CI, CVA und CVAI in den Stichproben und ihren Grundgesamtheiten

Tabelle 18: Ergebnisse vorangegangener Studien in Abhängigkeit des ausgewerteten Parameters

9. Literaturverzeichnis

Aarnivala, Henri; Vuollo, Ville; Heikkinen, Tuomo; Harila, Virpi; Holmström, Lasse; Pirttiniemi, Pertti; Valkama, A. Marita (2017): Accuracy of measurements used to quantify cranial asymmetry in deformational plagiocephaly. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 45 (8), S. 1349–1356. DOI: 10.1016/j.jcms.2017.05.014.

Alden, T. D.; Lin, K. Y.; Jane, J. A. (1999): Mechanisms of premature closure of cranial sutures. In: *Childs Nerv Syst* 15 (11-12), S. 670–675. DOI: 10.1007/s003810050456.

American Academy of Pediatrics (1992): American Academy of Pediatrics AAP Task Force on Infant Positioning and SIDS. Positioning and SIDS. In: *PEDIATRICS* 89 (6 Pt 1), S. 1120–1126. Online verfügbar unter <http://pediatrics.aappublications.org/content/89/6/1120>.

Amiel-Tison, C.; Soyeze-Papiernik, E. (2008): Place de l'ostéopathie dans la correction des déformations crâniennes du nouveau-né et du jeune enfant. In: *Archives de pediatrie : organe officiel de la Societe francaise de pediatrie* 15 Suppl 1, S24-30. DOI: 10.1016/S0929-693X(08)73944-7.

Andrade, Annicele da Silva; Gameiro, Gustavo Hauber; Derossi, Moara; Gavião, Maria Beatriz Duarte (2009): Posterior crossbite and functional changes. A systematic review. In: *The Angle orthodontist* 79 (2), S. 380–386. DOI: 10.2319/030708-137.1.

Angle, Edward H. (1899): Classification of Malocclusion: Philadelphia; S.S. White Dental Manufacturing Co (Page(s) 248-264).

Argenta, L. C.; David, L. R.; Wilson, J. A.; Bell, W. O. (1996): An increase in infant cranial deformity with supine sleeping position. In: *Journal of Craniofacial Surgery* 7 (1), S. 5–11. DOI: 10.1097/00001665-199601000-00005.

Argenta, Louis; David, Lisa; Thompson, James (2004): Clinical classification of positional plagiocephaly. In: *Journal of Craniofacial Surgery* 15 (3), S. 368–372. Online verfügbar unter <http://graphics.tx.ovid.com/ovftpdfs/FPDDNCGCBFOJPA00/fs046/ovft/live/gv023/00001665/00001665-200405000-00004>.

Atmosukarto, I.; Shapiro, L. G.; Starr, J. R.; Heike, C. L.; Collett, B.; Cunningham, M. L.; Speltz, M. L. (2010): Three-dimensional head shape quantification for infants with and without deformational plagiocephaly. In: *Cleft Palate Craniofac J* 47 (4), S. 368–377. DOI: 10.1597/09-059.1.

Ballardini, Elisa; Sisti, M.; Basaglia, N.; Benedetto, M.; Baldan, A.; Borgna-Pignatti, C.; Garani, G. (2018): Prevalence and characteristics of positional plagiocephaly in healthy full-term infants at 8-12 weeks of life. In: *European journal of pediatrics* 177 (10), S. 1547–1554. DOI: 10.1007/s00431-018-3212-0.

Beckwith, J. Bruce (2003): Defining the sudden infant death syndrome. In: *Arch Pediatr Adolesc Med* 157 (3), S. 286–290.

Bialocerkowski, Andrea (2008): Physiotherapy reduces the risk of deformational plagiocephaly in infants who have a preferred head position when lying supine. In: *Australian Journal of Physiotherapy* 54 (4), S. 283. DOI: 10.1016/S0004-9514(08)70010-2.

- Bialocerkowski, Andrea E.; Vladusic, Sharon L.; Wei Ng, Choong (2008): Prevalence, risk factors, and natural history of positional plagiocephaly. A systematic review. In: *Dev Med Child Neurol* 50 (8), S. 577–586. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.03029.x.
- Bialocerkowski, Andrea E.; Vladusic, Sharon L.; Howell, Stephanie M. (2005): Conservative interventions for positional plagiocephaly. A systematic review. In: *Dev Med Child Neurol* 47 (8), S. 563–570. DOI: 10.1017/S0012162205001118.
- Biegert, Josef (1957): Der Formwandel des Primatenschädels und seine Beziehungen zur ontogenetischen Entwicklung und den phylogenetischen Spezialisierungen der Kopforgane. Leipzig (98).
- Blecher, C.; Kunz, C.; Mayr, J.; Schwenger-Zimmerer, K. (2012): Helmtherapie. Konservative Kopfmodellierung. In: *MKG-Chirurg* 5 (4), S. 289–296. DOI: 10.1007/s12285-012-0306-y.
- Blecher, J. C.; Howaldt, H. P. (1998): Behandlung nichtsynostotischer, kindlicher Schädeldeformitäten mit dynamischen Kopforthesen. In: *Mund Kiefer Gesichtschir* 2 Suppl 1, S81-5. DOI: 10.1007/PL00014489.
- Cavadas, P. C.; Alvarez-Garijo, J. A. (1997): Surgical correction of posterior plagiocephaly. Original technique. In: *Plastic and Reconstructive Surgery* 99 (5), S. 1465–1466. DOI: 10.1097/00006534-199704001-00051.
- Cho, In Kook; Eom, Jeung Ryeol; Lee, Jeong Woo; Yang, Jung Dug; Chung, Ho Yun; Cho, Byung Chae; Choi, Kang Young (2018): A Clinical Photographic Method to Evaluate the Need for Helmet Therapy in Deformational Plagiocephaly. In: *The Journal of craniofacial surgery* 29 (1), S. 149–152. DOI: 10.1097/SCS.00000000000004192.
- Clarren, S. K. (1981): Plagiocephaly and torticollis. Etiology, natural history, and helmet treatment. In: *The Journal of Pediatrics* 98 (1), S. 92–95.
- Clarren, S. K.; Smith, D. W.; Hanson, J. W. (1979): Helmet treatment for plagiocephaly and congenital muscular torticollis. In: *The Journal of Pediatrics* 94 (1), S. 43–46. Online verfügbar unter http://ac.els-cdn.com/S0022347679803479/1-s2.0-S0022347679803479-main.pdf?_tid=62024ae6-9302-11e2-a857-00000aab0f6b&acdnat=1363965101_2f5a5178edfb9ccf24e8a30ab5d1a721.
- Cohen, S. R.; Persing, J. A. (1998): Intracranial pressure in single-suture craniosynostosis. In: *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 35 (3), S. 194–196. DOI: 10.1597/1545-1569(1998)035<0194:IPISSC>2.3.CO;2.
- Collett, Brent; Breiger, David; King, Darcy; Cunningham, Michael; Speltz, Matthew (2005): Neurodevelopmental implications of "deformational" plagiocephaly. In: *Journal of developmental and behavioral pediatrics : JDBP* 26 (5), S. 379–389. Online verfügbar unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3393045/>.
- Coussens, Anna K.; Hughes, Ian P.; Wilkinson, Christopher R.; Morris, C. Phillip; Anderson, Peter J.; Powell, Barry C.; van Daal, Angela (2008): Identification of genes differentially expressed by prematurely fused human sutures using a novel in vivo - in vitro approach. In: *Differentiation* 76 (5), S. 531–545. DOI: 10.1111/j.1432-0436.2007.00244.x.
- David, David John; Poswillo, David Ernest; Simpson, Donald Allen (1982): *The Craniostoses. Causes, Natural History, and Management*. London: Springer London.

Deutsche Gesellschaft für Schlafmedizin (2011): Leitlinie: Plötzlicher Kindstod: AWMF, 28.12.2011. Online verfügbar unter http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/063-0021_S1_PI%C3%B6tzlicher_S%C3%A4uglingstod_2012-01.pdf.

Dimberg, Lillemor; Lennartsson, Bertil; Arnrup, Kristina; Bondemark, Lars (2015): Prevalence and change of malocclusions from primary to early permanent dentition. A longitudinal study. In: *The Angle orthodontist* 85 (5), S. 728–734. DOI: 10.2319/080414-542.1.

Dörhage, K. (2010): Klinische Bedeutung, Prophylaxe und Therapie der lagebedingte Plagiozephalie. In: *Manuelle Medizin* 48 (2), S. 135–140. DOI: 10.1007/s00337-010-0748-0.

Dörhage, K. (2010): Ursache und Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie. Eine Übersichtsarbeit. In: *Manuelle Medizin* 48 (2), S. 125–134. DOI: 10.1007/s00337-010-0743-5.

Dörhage, Klaus W. W.; Beck-Broichsitter, Benedicta E.; Grabe, Vera von; Sonntag, Annalena; Becker, Stephan T.; Wiltfang, Jörg (2016): Therapy effects of head orthoses in positional plagiocephaly. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 44 (10), S. 1508–1514. DOI: 10.1016/j.jcms.2016.06.035.

Dunn, P. M. (1972): Congenital postural deformities. Perinatal associations. In: *Proc. R. Soc. Med.* 65 (8), S. 735–738. Online verfügbar unter <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1644043/pdf/procrsmed00344-0101>.

Faber, Towne. (1927): Early craniectomy as a preventive measure in oxycephaly and allied conditions with special reference to the prevention of blindness. In: *Am J Med Sci* 1927 (173), S. 701–711.

Farkas, L. G. (1996): Accuracy of anthropometric measurements: past, present, and future. In: *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 33 (1), 10-8; discussion 19-22. DOI: 10.1597/1545-1569(1996)033<0010:AOAMPP>2.3.CO;2.

Farkas, Leslie G. (1994): *Anthropometry of the head and face*. 2. ed. New York, NY: Raven.

Fearon, Jeffrey A. (2003): Rigid fixation of the calvaria in craniosynostosis without using "rigid" fixation. In: *Plastic and Reconstructive Surgery* 111 (1), 27-38; discussion 39. DOI: 10.1097/01.PRS.0000036261.99248.09.

Forrest, Christopher R.; Hopper, Richard A. (2013): Craniofacial syndromes and surgery. In: *Plast. Reconstr. Surg.* 131 (1), 86e–109e. DOI: 10.1097/PRS.0b013e318272c12b.

Freudlsperger, C.; Castrillón-Oberndorfer, G.; Hoffmann, J.; Engel, M. (2013): Isolierte, nichtsyndromale Kraniosynostosen. In: *MKG-Chirurg* 6 (4), S. 301–313. DOI: 10.1007/s12285-013-0364-9.

Graham, John M.; Gomez, Mayela; Halberg, Andy; Earl, Dawn L.; Kreutzman, Jeannie T.; Cui, Jinrui; Guo, Xiuqing (2005): Management of deformational plagiocephaly: repositioning versus orthotic therapy. In: *The Journal of pediatrics* 146 (2), S. 258–262. DOI: 10.1016/j.jpeds.2004.10.016.

Groschopp, Stefan (2017): Auswirkungen von Geschlecht, Alter und kieferorthopädischem Befund auf Körperschwerpunkt und Standstabilität. Dissertation. Philipps-Universität Marburg, Marburg. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:04-z2017-02035>.

Hausamen, Jarg-Erich (2012): Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Operationslehre und -atlas. 4., vollständig überarbeitete Aufl. Berlin: Springer.

Hinken, Lukas; Willenborg, Hannelore; Dávila, Lukas Aguirre; Daentzer, Dorothea (2019): Outcome analysis of molding helmet therapy using a classification for differentiation between plagiocephaly, brachycephaly and combination of both. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. DOI: 10.1016/j.jcms.2019.01.011.

Hussein, Mohammed Ahmed; Woo, Taeyong; Yun, In Sik; Park, Hanna; Kim, Yong Oock (2018): Analysis of the correlation between deformational plagiocephaly and neurodevelopmental delay. In: *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS* 71 (1), S. 112–117. DOI: 10.1016/j.bjps.2017.08.015.

Hutchison, B. L.; Stewart, A. W.; Mitchell, E. A. (2011): Deformational plagiocephaly. A follow-up of head shape, parental concern and neurodevelopment at ages 3 and 4 years. In: *Archives of Disease in Childhood* 96 (1), S. 85–90. DOI: 10.1136/adc.2010.190934.

Hutchison, B. Lynne; Hutchison, Luke A. D.; Thompson, John M. D.; Mitchell, Ed A. (2004): Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life. A prospective cohort study. In: *PEDIATRICS* 114 (4), S. 970–980. DOI: 10.1542/peds.2003-0668-F.

Hutchison, B. Lynne; Hutchison, Luke A. D.; Thompson, John M. D.; Mitchell, Ed A. (2005): Quantification of plagiocephaly and brachycephaly in infants using a digital photographic technique. In: *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 42 (5), S. 539–547. DOI: 10.1597/04-059r.1.

Hutchison, B. Lynne; Stewart, Alistair W.; Chalain, Tristan B. de; Mitchell, Edwin A. (2010): A randomized controlled trial of positioning treatments in infants with positional head shape deformities. In: *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)* 99 (10), S. 1556–1560. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2010.01872.x.

Jung, Michael Wilhelm; Landenberger, Margarete; Jung, Tatjana; Lindenthal, Thorsten; Philippi, Heike (2017): Vojta therapy and neurodevelopmental treatment in children with infantile postural asymmetry. A randomised controlled trial. In: *Journal of physical therapy science* 29 (2), S. 301–306. DOI: 10.1589/jpts.29.301.

Junker (2002): Nonsyndromale Kraniosynostose: Einfluß des Operationszeitpunktes auf die Entwicklung. Albert - Ludwigs - Universität, Freiburg i. Br. Online verfügbar unter <http://d-nb.info/965811859/34>.

Kane, A. A.; Lo, L. J.; Vannier, M. W.; Marsh, J. L. (1996): Mandibular dysmorphology in unicoronal synostosis and plagiocephaly without synostosis. In: *Cleft Palate Craniofac J* 33 (5), S. 418–423. DOI: 10.1597/1545-1569(1996)033<0418:MDIUSA>2.3.CO;2.

Kane, A. A.; Mitchell, L. E.; Craven, K. P.; Marsh, J. L. (1996): Observations on a recent increase in plagiocephaly without synostosis. In: *PEDIATRICS* 97 (6 Pt 1), S. 877–885.

Kawamoto, Henry K.; Kim, Sarah S.; Jarrahy, Reza; Bradley, James P. (2009): Differential diagnosis of the idiopathic laterally deviated mandible. In: *Plast Reconstr Surg* 124 (5), S. 1599–1609. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181babc1f.

Klein, P.; Lepers, Y.; Salem, W. (2011): Intérêt de l'ostéopathie. In: *Revue medicale de Bruxelles* 32 (4), S. 369–374.

Klemann, Christine (2006): Korrelationen dentaler Okklusionsparameter mit Messwerten zweidimensionaler fotografischer Weichteilprofile bei 9-jährigen Schulkindern. Münster (Westfalen).

Kluba, Susanne; Kraut, Wiebke; Reinert, Siegmund; Krimmel, Michael (2011): What is the optimal time to start helmet therapy in positional plagiocephaly? In: *Plast Reconstr Surg* 128 (2), S. 492–498. DOI: 10.1097/PRS.0b013e31821b62d6.

Kluba, Susanne; Roßkopf, Fabian; Kraut, Wiebke; Peters, Jens Peter; Calgeer, Benjamin; Reinert, Siegmund; Krimmel, Michael (2016): Malocclusion in the primary dentition in children with and without deformational plagiocephaly. In: *Clinical oral investigations* 20 (9), S. 2395–2401. DOI: 10.1007/s00784-016-1716-4.

Krogman, Wilton Marion (1951): The problem of “timing” in facial growth, with special reference to the period of the changing dentition. In: *American Journal of Orthodontics* 37 (4), S. 253–276. DOI: 10.1016/0002-9416(51)90086-3.

Krous, Henry F.; Beckwith, J. Bruce; Byard, Roger W.; Rognum, Torleiv O.; Bajanowski, Thomas; Corey, Tracey et al. (2004): Sudden infant death syndrome and unclassified sudden infant deaths. A definitional and diagnostic approach. In: *PEDIATRICS* 114 (1), S. 234–238. DOI: 10.1542/peds.114.1.234.

Kunz, Felix; Schweitzer, Tilmann; Große, Stephan; Waßmuth, Nina; Stellzig-Eisenhauer, Angelika; Böhm, Hartmut et al. (2018): Head orthosis therapy in positional plagiocephaly. Longitudinal 3D-investigation of long-term outcomes, compared with untreated infants and with a control group. In: *European journal of orthodontics*. DOI: 10.1093/ejo/cjy012.

Lajeunie, E.; Le Merrer, M.; Bonaïti-Pellie, C.; Marchac, D.; Renier, D. (1996): Genetic study of scaphocephaly. In: *Am. J. Med. Genet.* 62 (3), S. 282–285. DOI: 10.1002/(SICI)1096-8628(19960329)62:3<282::AID-AJMG15>3.0.CO;2-G.

Lee, Hyo Sun; Kim, Sang Jun; Kwon, Jeong-Yi (2018): Parents' Perspectives and Clinical Effectiveness of Cranial-Molding Orthoses in Infants With Plagiocephaly. In: *Annals of rehabilitation medicine* 42 (5), S. 737–747. DOI: 10.5535/arm.2018.42.5.737.

Lee, Robert P.; Teichgraber, John F.; Baumgartner, James E.; Waller, Amy L.; English, Jeryl D.; Lasky, Robert E. et al. (2008): Long-term treatment effectiveness of molding helmet therapy in the correction of posterior deformational plagiocephaly. A five-year follow-up. In: *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 45 (3), S. 240–245. DOI: 10.1597/06-210.1.

Lessard, Sylvie; Gagnon, Isabelle; Trottier, Nathalie (2011): Exploring the impact of osteopathic treatment on cranial asymmetries associated with nonsynostotic plagiocephaly in infants. In: *Complementary therapies in clinical practice* 17 (4), S. 193–198. DOI: 10.1016/j.ctcp.2011.02.001.

Linz, Christian; Schweitzer, Tilmann; Brenner, Lisa C.; Kunz, Felix; Meyer-Marcotty, Philipp; Wermke, Kathleen (2018): Does shape affect function? Articulatory skills in

babbling of infants with deformational plagiocephaly. In: *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery* 34 (3), S. 503–510. DOI: 10.1007/s00381-017-3576-x.

Lipira, Angelo B.; Gordon, Shayna; Darvann, Tron A.; Hermann, Nuno V.; van Pelt, Andrea E.; Naidoo, Sybill D. et al. (2010): Helmet versus active repositioning for plagiocephaly. A three-dimensional analysis. In: *PEDIATRICS* 126 (4), e936-45. DOI: 10.1542/peds.2009-1249.

Littlefield, Timothy R.; Saba, Norman M.; Kelly, Kevin M. (2004): On the current incidence of deformational plagiocephaly. An estimation based on prospective registration at a single center. In: *Seminars in Pediatric Neurology* 11 (4), S. 301–304. DOI: 10.1016/j.spen.2004.10.003.

Loveday, B. P.; Chalain, T. B. de (2001): Active counterpositioning or orthotic device to treat positional plagiocephaly? In: *Journal of Craniofacial Surgery* 12 (4), S. 308–313.

Malandris, M.; Mahoney, E. K. (2004): Aetiology, diagnosis and treatment of posterior cross-bites in the primary dentition. In: *International journal of paediatric dentistry* 14 (3), S. 155–166. DOI: 10.1111/j.1365-263X.2004.00546.x.

McAlister, W. H. (1998): Invited commentary. Posterior deformational plagiocephaly. In: *Pediatric Radiology* 28 (9), S. 727–728. DOI: 10.1007/s002470050452.

Mortenson, Patricia; Steinbok, Paul; Smith, David (2012): Deformational plagiocephaly and orthotic treatment. Indications and limitations. In: *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery* 28 (9), S. 1407–1412. DOI: 10.1007/s00381-012-1755-3.

Moss, S. D. (1997): Nonsurgical, nonorthotic treatment of occipital plagiocephaly. What is the natural history of the misshapen neonatal head? In: *Journal of neurosurgery* 87 (5), S. 667–670. DOI: 10.3171/jns.1997.87.5.0667.

Mulliken, J. B.; Vander Woude, D. L.; Hansen, M.; LaBrie, R. A.; Scott, R. M. (1999): Analysis of posterior plagiocephaly. Deformational versus synostotic. In: *Plastic and Reconstructive Surgery* 103 (2), S. 371–380. DOI: 10.1097/00006534-199902000-00003.

Panchal, Jayesh; Uttchin, Venus (2003): Management of craniosynostosis. In: *Plastic and Reconstructive Surgery* 111 (6), 2032-48; quiz 2049. DOI: 10.1097/01.PRS.0000056839.94034.47.

Paquereau, J. (2013): Non-surgical management of posterior positional plagiocephaly. Orthotics versus repositioning. In: *Annals of physical and rehabilitation medicine* 56 (3), S. 231–249. DOI: 10.1016/j.rehab.2012.12.005.

Plooi, Joanneke M.; Verhamme, Yvette; Bergé, Stefaan J.; van Lindert, Erik J.; Borstlap-Engels, Veronique M. F.; Borstlap, Wilfred A. (2009): Unilateral craniosynostosis of the frontosphenoidal suture. A case report and a review of literature. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 37 (3), S. 162–166. DOI: 10.1016/j.jcms.2008.10.005.

- Regelsberger, Jan; Delling, Günter; Helmke, Knuth; Tsokos, Michael; Kammler, Gertrude; Kränzlein, Heidi; Westphal, Manfred (2006): Ultrasound in the diagnosis of craniosynostosis. In: *Journal of Craniofacial Surgery* 17 (4), 623-5; discussion 626-8.
- Renier, D.; Sainte-Rose, C.; Marchac, D.; Hirsch, J. F. (1982): Intracranial pressure in craniostenosis. In: *Journal of neurosurgery* 57 (3), S. 370–377. DOI: 10.3171/jns.1982.57.3.0370.
- Robinson, Shenandoah; Proctor, Mark (2009): Diagnosis and management of deformational plagiocephaly. In: *Journal of neurosurgery. Pediatrics* 3 (4), S. 284–295. DOI: 10.3171/2009.1.PEDS08330.
- Schaaf, H.; Pons-Kuehnemann, J.; Malik, C. Y.; Streckbein, P.; Preuss, M.; Howaldt, H-P; Wilbrand, J-F (2010): Accuracy of three-dimensional photogrammetric images in non-synostotic cranial deformities. In: *Neuropediatrics* 41 (1), S. 24–29. DOI: 10.1055/s-0030-1255060.
- Scharf, J.-H. (1974): Was ist Wachstum? In: *Nova Acta Leopoldina NF 40 1974; 214: 9-75* (214), S. 9–75.
- Schumacher, G. H. (1973): Zur Problematik der Schädelmorphogenese. In: *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl Gesamte* 60 (3), S. 145–157.
- Schwalbe, Gustav (1906): Über das Gehirn-Relief der Schläfengegend des menschlichen Schädels. Von G. Schwalbe. Mit 7 Textfiguren und 6 Tafeln in Lichtdruck. Stuttgart: Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.
- Scott, James Henderson; Dixon, Andrew Derart (1980): *Anatomy for students of dentistry*. 4th ed. Edinburgh, New York, New York: Churchill Livingstone; Distributed by Longman.
- Sergueef, Nicette; Nelson, Kenneth E.; Glonek, Thomas (2006): Palpatory diagnosis of plagiocephaly. In: *Complementary therapies in clinical practice* 12 (2), S. 101–110. DOI: 10.1016/j.ctcp.2005.11.001.
- Smartt, James M.; Elliott, River M.; Reid, Russell R.; Bartlett, Scott P. (2011): Analysis of differences in the cranial base and facial skeleton of patients with lambdoid synostosis and deformational plagiocephaly. In: *Plast. Reconstr. Surg.* 127 (1), S. 303–312. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181f95cd8.
- Speltz, Matthew L.; Collett, Brent R.; Stott-Miller, Marni; Starr, Jacqueline R.; Heike, Carrie; Wolfram-Aduan, Antigone M. et al. (2010): Case-control study of neurodevelopment in deformational plagiocephaly. In: *PEDIATRICS* 125 (3), e537-42. DOI: 10.1542/peds.2009-0052.
- Spermon, Jacco; Spermon-Marijnen, Renee; Scholten-Peeters, Wendy (2008): Clinical classification of deformational plagiocephaly according to Argenta. A reliability study. In: *Journal of Craniofacial Surgery* 19 (3), S. 664–668. DOI: 10.1097/SCS.0b013e31816ae3ec.
- Spitzer, Martin Joachim; Kramer, Manuel; Neukam, Friedrich Wilhelm; Nkenke, Eme-ka (2011): Validation of optical three-dimensional plagiocephalometry by computed tomography, direct measurement, and indirect measurements using thermoplastic bands. In: *J Craniofac Surg* 22 (1), S. 129–134. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3181f6f849.

St John, Dane; Mulliken, John B.; Kaban, Leonard B.; Padwa, Bonnie L. (2002): Anthropometric analysis of mandibular asymmetry in infants with deformational posterior plagiocephaly. In: *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 60 (8), S. 873–877. DOI: 10.1053/joms.2002.33855.

Teichgraeber, John F.; Seymour-Dempsey, Kelly; Baumgartner, James E.; Xia, James J.; Waller, Amy L.; Gateno, Jaime (2004): Molding helmet therapy in the treatment of brachycephaly and plagiocephaly. In: *Journal of Craniofacial Surgery* 15 (1), S. 118–123. DOI: 10.1097/00001665-200401000-00031.

Tessier, P. (1967): Ostéotomies totales de la face. Syndrome de Crouzon, syndrome d'Apert. Oxycéphalies, scaphocéphalies, turricéphalies. In: *Ann Chir Plast* 12 (4), S. 273–286.

Tessier, P. (1971): Relationship of craniostenoses to craniofacial dysostoses, and to faciostenoses. A study with therapeutic implications. In: *Plastic and Reconstructive Surgery* 48 (3), S. 224–237,

Türp, J C, Schindler, H J; Rodiger, O.; Smeekens, S.; Marinello, C. P. (2006): Vertikale und horizontale Kieferrelation derrekonstruktive Zahnmedizin. Eine kritische Literaturübersicht. In: *Schweiz Monatsschr Zahnmed* (116), S. 403–411,

Turk, A. E.; McCarthy, J. G.; Thorne, C. H.; Wisoff, J. H. (1996): The "back to sleep campaign" and deformational plagiocephaly. Is there cause for concern? In: *Journal of Craniofacial Surgery* 7 (1), S. 12–18. Online verfügbar unter <http://graphics.tx.ovid.com/ovftpdfs/FPDDNCIBKEDJJG00/fs046/ovft/live/gv023/00001665/00001665-199601000-00006.pdf>.

Ursitti, F.; Fadda, T.; Papetti, L.; Pagnoni, M.; Nicita, F.; Iannetti, G.; Spalice, A. (2011): Evaluation and management of nonsyndromic craniosynostosis. In: *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)* 100 (9), S. 1185–1194. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2011.02299.x.

van Adrichem, Léon N. A.; van Vlimmeren, Leo A.; Cadanová, Dominika; Helders, Paul J. M.; Engelbert, Raoul H. H.; van Neck, Han J. W.; Koning, Anton H. J. (2008): Validation of a simple method for measuring cranial deformities (plagiocephalometry). In: *Journal of Craniofacial Surgery* 19 (1), S. 15–21. DOI: 10.1097/scs0b013e31815c93cb

van Vlimmeren, Leo A.; Takken, Tim; van Adrichem, Léon N. A.; van der Graaf, Yolanda; Helders, Paul J. M.; Engelbert, Raoul H. H. (2006): Plagiocephalometry. A non-invasive method to quantify asymmetry of the skull; a reliability study. In: *Eur. J. Pediatr.* 165 (3), S. 149–157. DOI: 10.1007/s00431-005-0011-1.

van Vlimmeren, Leo A.; van der Graaf, Yolanda; Boere-Boonekamp, Magda M.; L'Hoir, Monique P.; Helders, Paul J. M.; Engelbert, Raoul H. H. (2008): Effect of pediatric physical therapy on deformational plagiocephaly in children with positional preference. A randomized controlled trial. In: *Arch Pediatr Adolesc Med* 162 (8), S. 712–718. DOI: 10.1001/archpedi.162.8.712.

van Wijk, Renske M.; van Vlimmeren, Leo A.; Groothuis-Oudshoorn, Catharina G. M.; van der Ploeg, Catharina P. B.; Ijzerman, Maarten J.; Boere-Boonekamp, Magda M. (2014): Helmet therapy in infants with positional skull deformation. Randomised controlled trial. In: *BMJ* 348 (may01 8), g2741. DOI: 10.1136/bmj.g2741.

Virchow (1851): Über den Cretinismus, namentlich in Franken, und über pathologische Schädelformen: Verh Phys Med Gesellsch.

Virginia Knox and Andrew Lloyd Evans: Evaluation of the functional effects of a course of Bobath therapy in children with cerebral palsy: a preliminary study.

Whitaker, L. A.; Bartlett, S. P.; Schut, L.; Bruce, D. (1987): Craniosynostosis. An analysis of the timing, treatment, and complications in 164 consecutive patients. In: *Plastic and Reconstructive Surgery* 80 (2), S. 195–212. DOI: 10.1097/00006534-198708000-00006.

Wilbrand, Jan-Falco; Howaldt, Hans-Peter; Reinges, Marcus; Christophis, Petros (2016): Surgical correction of lambdoid synostosis - New technique and first results. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 44 (10), S. 1531–1535. DOI: 10.1016/j.jcms.2016.07.031.

Wilbrand, Jan-Falco; Schmidtberg, Kerstin; Bierther, Uta; Streckbein, Philipp; Pons-Kuehnemann, Joern; Christophis, Petros et al. (2012): Clinical classification of infant nonsynostotic cranial deformity. In: *The Journal of pediatrics* 161 (6), S. 1120–1125. DOI: 10.1016/j.jpeds.2012.05.023.

Wilbrand, Jan-Falco; Seidl, Maximilian; Wilbrand, Martina; Streckbein, Philipp; Böttger, Sebastian; Pons-Kuehnemann, Joern et al. (2013): A prospective randomized trial on preventative methods for positional head deformity. Physiotherapy versus a positioning pillow. In: *The Journal of pediatrics* 162 (6), 1216-21, 1221.e1. DOI: 10.1016/j.jpeds.2012.11.076.

Wilbrand, Jan-Falco; Szczukowski, Alexander; Blecher, Joerg-Christoph; Pons-Kuehnemann, Joern; Christophis, Petros; Howaldt, Hans-Peter; Schaaf, Heidrun (2012): Objectification of cranial vault correction for craniosynostosis by three-dimensional photography. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 40 (8), S. 726–730. DOI: 10.1016/j.jcms.2012.01.007

Wilbrand, Jan-Falco; Wilbrand, Martina; Malik, Christoph Yves; Howaldt, Hans-Peter; Streckbein, Philipp; Schaaf, Heidrun; Kerkmann, Heiko (2012): Complications in helmet therapy. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 40 (4), S. 341–346. DOI: 10.1016/j.jcms.2011.05.007.

Wilbrand, Jan-Falco; Wilbrand, Martina; Pons-Kuehnemann, Joern; Blecher, Joerg-Christoph; Christophis, Petros; Howaldt, Hans-Peter; Schaaf, Heidrun (2011): Value and reliability of anthropometric measurements of cranial deformity in early childhood. In: *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 39 (1), S. 24–29. DOI: 10.1016/j.jcms.2010.03.010.

Wilbrand, Martina (2014): Systematische Erfassung von Komplikationen bei der Behandlung mit individuellen Kopforthesen. neue Ausg. Gießen, Lahn: VVB Laufer-sweiler Verlag (Edition scientifique).

World Health Organization; ebrary, Inc (2009): WHO child growth standards. Growth velocity based on weight, length and head circumference ; methods and development.

Geneva, Switzerland: World Health Organization Department of Nutrition for Health and Development.

10. Publikationsverzeichnis

1. Vortrag **Lautenbacher N.**: „Unbehandelte nicht-synostotische Schädeldeformitäten -eine 5-jahres-Follow-up-Studie-“, auf der 62. DGMKG Jahrestagung 2012, Freiburg
2. Wilbrand, Jan-Falco; **Lautenbacher, Nikolai**; Pons-Kühnemann, Jörn; Streckbein, Philipp; Kähling, Christopher; Reinges, Marcus H. T. et al. (2016): Treated Versus Untreated Positional Head Deformity. In: J Craniofac Surg 27 (1), S. 13–18.

11. Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

12. Danksagung

Insbesondere möchte ich meiner Familie für die Unterstützung während der Zeit des Verfassens und die aufgebrauchte Geduld während den Korrekturen danken. Sowohl meiner Frau Mareen, als auch meinen Kindern Matheo, Nika Malia, Marisa Nomi und Naya Maivi gilt mein besonderer Dank. Dieser gilt ebenfalls meinen Eltern, welche mir meine umfangreiche Ausbildung ermöglichten. Ich danke auch meinen Schwiegereltern für die Unterstützung während der Zeit des Schreibens. Besonderer Dank gilt auch dem Institut für medizinische Statistik, insbesondere Dr. Pons-Kühnemann und Fr. Scheibelhut für die tatkräftige Unterstützung in statistischen Fragen. Danke auch Herrn PD Dr. Dr. Wilbrand für die Überlassung des Themas.