

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. J. E. Zöller

**Therapie- und Langzeitergebnisse nach Koporthesentherapie bei
frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformitäten**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Hanna Marie Seikel
aus Berlin

promoviert am 27. Juni 2022

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. J. E. Zöller

**Therapie- und Langzeitergebnisse nach Koporthesentherapie bei
frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformitäten**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Hanna Marie Seikel
aus Berlin

promoviert am 27. Juni 2022

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln

2022

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. J. E. Zöller

2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. I. Duran

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe, die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/ eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Messergebnisse zu Therapiebeginn sowie zu Therapieabschluss wurden ohne meine Mitarbeit in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Universität zu Köln ermittelt und von Herrn Prof. Dr. Dr. J. E. Zöller zur Verfügung gestellt.

Die Nachuntersuchungen der Patientinnen und Patienten wurden gemeinsam mit Frau Dr. Dr. Grandoch durchgeführt.

Die für diese Arbeit angegebenen Abbildungen sind von mir selbst angefertigt worden, wenn nicht anders angegeben.

Die für diese Arbeit angegebenen statistischen Analysen sind von mir selbst angefertigt und durchgeführt worden.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 27.07.2021

Unterschrift:.....*H. Seikel*.....

Danksagung

Ich möchte mich zunächst bei meinen Betreuern Herrn Prof. Dr. Dr. J. E. Zöller und Frau Dr. Dr. A. Grandoch bedanken für die vertrauensvolle Überlassung des Themas dieser Dissertation und ihre Unterstützung während der Zeit meiner Doktorarbeit. Ich habe unsere Gespräche stets als Anregung und Motivation empfunden.

Außerdem möchte ich Stephan Gutbier für die Anfertigung und Bereitstellung des Fotomaterials und Sabine Gondrom für ihren fachlichen Rat bei statistischen Fragen danken.

Meinen Eltern Michael und Katrin, meiner Schwester Luisa und meinen Freundinnen Julia und Leandra danke ich für all die aufbauenden Worte, Freizeitaktivitäten und Hilfestellungen, die ich während der Erstellung meiner Doktorarbeit benötigte.

Zu guter Letzt bedanke ich mich für die große Unterstützung, die mir meine Partnerin Johanna in der Zeit meiner Promotionsarbeit entgegengebracht hat. Sie stand immer hinter mir und hat mich vor allem in schwierigeren Phasen unterstützt, meine bisherigen Wünsche und Ziele verfolgen und erreichen zu können.

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	8
1. Einleitung	9
1.1 Physiologische Schädelentwicklung	9
1.2 Differentialdiagnose: Kraniosynostosen	13
1.3 Lagebedingte Schädeldeformitäten und deren Ätiologie	13
1.4 Klinische Einteilung lagebedingter Schädeldeformitäten	16
1.4.1 Plagiocephalus	16
1.4.2 Brachycephalus	17
1.4.3 Plagiobrachycephale Mischform	18
1.4.4 Klassifikation nach Argenta	19
1.5 Langzeitfolgen bei Nichttherapie	20
1.6 Präventionsmaßnahmen	22
1.7 Nicht-orthetische Therapie	23
1.8 Kopforthesentherapie	25
1.8.1 Zeitfenster der Kopforthesentherapie	25
1.8.2 Funktionsprinzip einer Kopforthese	26
1.8.3 Nebenwirkungen der Kopforthesentherapie	27
1.9 Zielsetzung dieser Arbeit	28
2. Material und Methoden	30
2.1 Studiendesign	30
2.2 Kopforthesentherapie in der MKG der Uniklinik Köln	30
2.3 Nachuntersuchung	33
2.4 Patientenselektion und Patientenkollektiv	33
2.5 Ethikvotum	34
2.6 Messverfahren und Messparameter	35
2.7 Berechnung der Kopfparameter CVA, CVAI und CI	38
2.8 Datenbank	40
2.9 Statistische Auswertung	43
2.9.1 Gruppierung	43
2.9.2 Statistische Berechnung	43
3. Ergebnisse	44
3.1 Aufteilung der Studienpopulation	44
3.2 Geschlechterverteilung	45
3.3 Basisdaten zu Therapiebeginn	46

3.3.1	Risikofaktoren	46
3.3.2	Alter bei Therapiebeginn	47
3.3.3	Gruppenspezifische Kopfparameter zu Therapiebeginn	48
3.3.4	Ausgangswerte der Kopfparameter CVA, CVAI und CI.....	49
3.4	Behandlungsdauer.....	52
3.5	Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....	53
3.6	Statistische Auswertung der Kopfparameter	54
3.6.1	Cranial Vault Asymmetry (CVA)	55
3.6.2	Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI)	58
3.6.3	Cranial Index (CI).....	61
3.7	Diagnosegruppen im Vergleich	64
3.8	Elternzufriedenheit.....	70
4.	Diskussion	71
4.1	Gruppeneinteilung und Geschlechterverteilung	71
4.2	Auswertung der Anfangsparameter	73
4.2.1	Risikofaktoren	73
4.2.2	Alter bei Behandlungsbeginn	74
4.3	Behandlungsdauer und Zeitpunkt der Nachuntersuchung	76
4.4	Auswertung der Kopfparameter CVA, CVAI und CI	77
4.4.1	Entwicklung der Kopfparameter im Therapieverlauf.....	78
4.4.2	Auswertung der Langezeitergebnisse.....	82
4.5	Zusammenfassende Überlegungen für jede Diagnosegruppe.....	84
4.6	Elternzufriedenheit.....	87
4.7	Messverfahren.....	87
4.8	Vergleichbarkeit mit anderen Studien und Grenzen dieser Arbeit	88
4.9	Fazit und Ausblick	90
5.	Zusammenfassung.....	92
6.	Literaturverzeichnis.....	94
7.	Anhang	102
7.1.	Abbildungsverzeichnis.....	102
7.2	Tabellenverzeichnis	105
7.3	Fragenbogen.....	107
8.	Lebenslauf.....	108

Abkürzungsverzeichnis

AAP	American Academy of Pediatrics
B	Brachycephalus
Br	Schädelbreite
CI	Cranial Index
cm	Zentimeter
CVA	Cranial Vault Asymmetry
CVAI	Cranial Vault Asymmetry Index
D	Schädeldiagonale
Eu	Eurion
Fz	Frontozygomaticus
Gla	Glabella
L	Schädellänge
ms	Millisekunde(n)
ODDI	Oblique Diameter Difference Index
P	Plagiocephalus
PB	Plagiobrachycephalus
Poe	Protuberantia occipitalis externa
SIDS	Sudden infant death syndrome

1. Einleitung

Seit die American-Academy of Pediatrics (AAP) im Jahr 1992 die konsequente Rückenlagerung bei Säuglingen zur Vermeidung des plötzlichen Kindstods (sudden infant death syndrome, SIDS) empfiehlt, ist ein starker Inzidenzanstieg von frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformitäten zu verzeichnen (1, 2). Unbehandelt können diese persistieren und funktionell-ästhetische Folgeschäden resultieren. Neben konservativen Therapiemaßnahmen hat sich die Behandlung mittels einer Koporthese insbesondere bei Kindern mit schwerer Schädeldeformation bewährt (3-5). Vor der Therapieeinleitung ist zunächst der Ausschluss einer vorzeitigen Schädelnahtverknöcherung (Kraniosynostose) unabdinglich, die häufig einer chirurgischen Korrektur bedarf. Zur Diagnosesicherung einer frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformität ist vorerst das Verständnis der physiologischen Schädelentwicklung essentiell.

1.1 Physiologische Schädelentwicklung

Perinatal und innerhalb der ersten sechs Lebensmonate zeichnet sich der kindliche Kopf durch eine starke elastische Verformbarkeit aus. Während der Entbindung ist die Nachgiebigkeit des Köpfchens Voraussetzung für die Anpassung und Passage des verhältnismäßig großen kindlichen Kopfes durch den engen Geburtskanal. Postnatal ist sie unerlässlich für eine physiologische Heranreifung und Größenzunahme des Gehirns (6). Während das Viszerokranium sein stärkstes Wachstum im sechsten und siebten Lebensjahr durch die Ausbildung des Sinus maxillaris und das Durchbrechen der bleibenden Zähne aufweist, erfolgt die Expansion des Neurokraniums vor allem innerhalb der ersten zwei Lebensjahre (7). Die zunächst wenig mineralisierten Schädelknochenplatten sind durch bindegewebige Nahtstellen, sogenannte Suturen und größere flächige Bindegewebsbereiche, den Fontanellen, flexibel miteinander verbunden. Während der Vergrößerung des Schädelinhaltes entsteht ein intrakranieller hydrostatischer Druck, der das Netz aus Knochen und Bindegewebe zentrifugal nach außen drückt und den Kopf ausformt (8, 9). Somit bedingt die Zunahme des Hirnvolumens eine zeitgleiche Vergrößerung des Schädelvolumens (s. Abbildung 1). Dieser Vorgang wird häufig mit einem sich aufblasenden Luftballon beschrieben und ist insbesondere in den ersten sechs Lebensmonaten zu beobachten (10). Danach gewinnt der Knochen durch zunehmende Mineralisierung an Festigkeit.

Ab diesem Zeitpunkt ändert sich fast ausschließlich der Kopfumfang, während die Kopfform annähernd bestehen bleibt. Im Alter von zwei Jahren ist das Kopfwachstum bereits zu 80 bis 85 % abgeschlossen (11, 12).

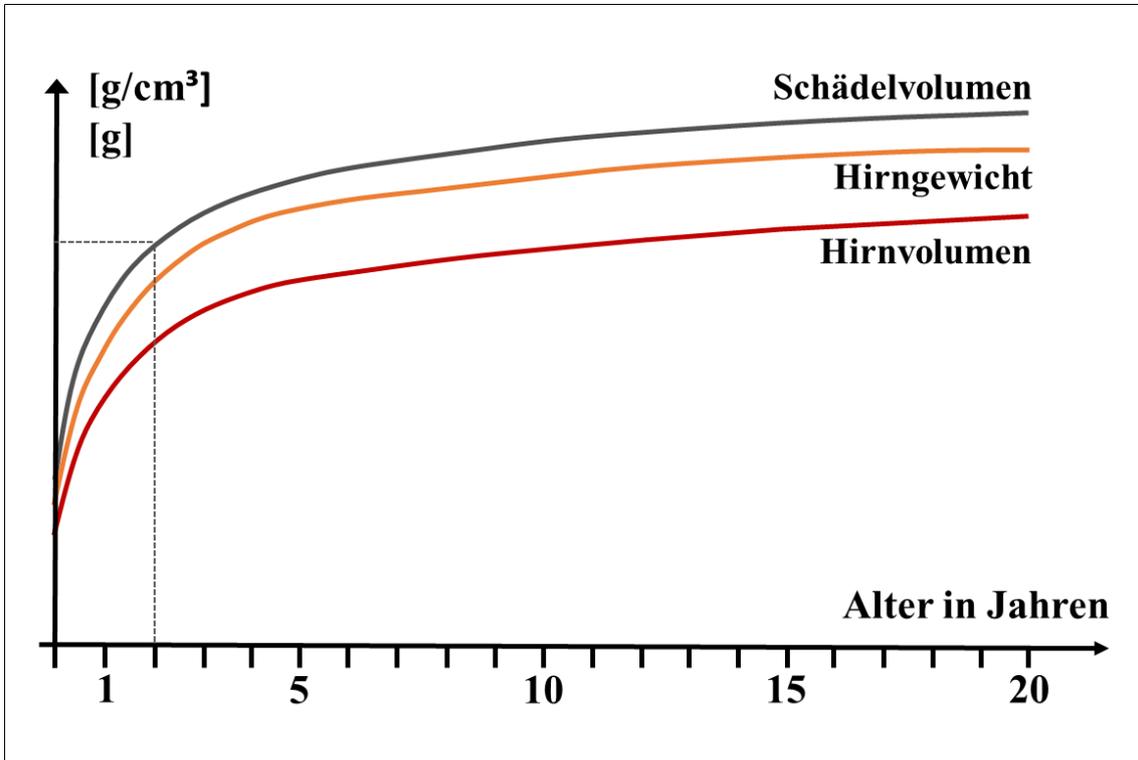


Abbildung 1

Schädel-Hirn-Wachstum in den ersten 20 Lebensjahren, die gestrichelte Linie markiert das Schädelvolumen nach zwei Lebensjahren, Abbildung mod. nach (9)

Für das regelrechte frühkindliche Kopfwachstum ist die physiologische Beschaffenheit der membranösen Suturen essentiell. Das Schädelwachstum erfolgt dabei in senkrechter Richtung zu diesen. Zu den fünf bedeutendsten Schädelnähten werden die Folgenden gezählt: die Stirnnaht (Sutura frontalis), die Kranz- oder Scheitellaht (Sutura coronalis), die Pfeilnaht (Sutura sagittalis) und die Lambdanaht (Sutura lambdoidea). Die anatomische Lage der genannten Suturen wird in Abbildung 2 dargestellt.

Nach kaudal durch die Dura mater, nach kranial durch das Periost begrenzt, füllen sie den Raum zwischen den knöchernen Anteilen des Neurokraniums. Das Nahtbindegewebe inseriert an den Knochenplatten mittels Sharpeyscher Faserbündel. Das suturale Bindegewebe ist zunächst zell- und gefäßreich und wird durch den vorherrschenden intrakraniellen Druck gespannt. Dieser Zustand verleiht dem Gewebe den Impuls zur Neubildung. Unterdessen findet an den Knochenplatten im Rahmen der Knochen-

neubildung appositionelles Wachstum statt. Mit abnehmendem Schädelwachstum weist das Suturengewebe weniger Zellen, Gefäße und feinere Faseranteile auf. Die Gewebsneubildung verlangsamt sich, bis sie letztlich ausbleibt (8). Schließlich erfolgt die vollständige Ossifikation der Schädelnähte zwischen dem zweiten und fünfzigsten Lebensjahrzehnt (13).

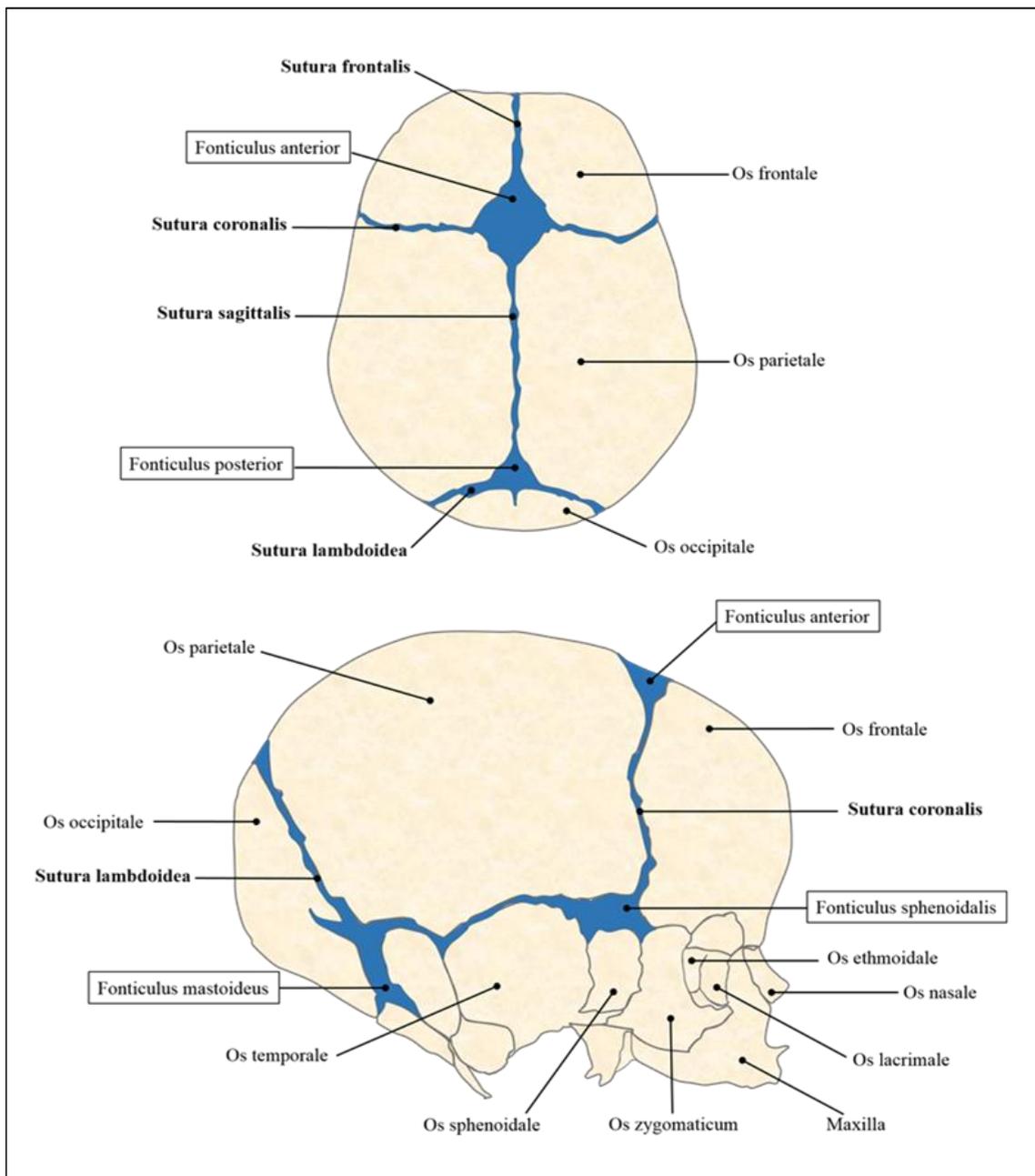


Abbildung 2

Anatomische Darstellung der Suturen (schwarz hervorgehoben) sowie der Fonticuli (mit Kastenmarkierung) aus kranialer Ansicht (oben) und lateraler Ansicht (unten)

Ergänzend dazu weist der Säuglingskopf an den Grenzflächen mehrerer Schädelnähte größere, flächige, knochenfreie Bindegewebsbereiche, die Fontanellen auf (Abbildung 2). Sie ermöglichen eine zusätzliche Mobilität und Verschiebung der Schädelplatten gegeneinander. Dabei liegt die große frontale Fontanelle (Fonticulus anterior) am Kreuzungspunkt von der Sutura coronalis und Sutura sagittalis und verknöchert im 36. Lebensmonat (14). Die kleinere hintere Fontanelle (Fonticulus posterior) ist beim Neugeborenen zwischen der Sutura sagittalis und der Sutura lambdoidea zu ertasten. Die Ossifikation erfolgt bereits im dritten Lebensmonat. Des Weiteren finden sich am postpartalen Schädel beidseits zwei laterale Fontanellen: Der Fonticulus sphenoidalis sowie der Fonticulus mastoideus. Diese verknöchern im sechsten sowie im 18. Lebensmonat vollständig (13).

Störungen in der physiologischen Schädelentwicklung können zur Entstehung von frühkindlichen Schädelverformungen führen, die meist bereits im frühen Säuglingsalter auffallen. Hierbei muss zwischen einer Kraniosynostose oder einer lagebedingten Schädeldeformität unterschieden werden. Während bei einer Kraniosynostose eine vorzeitige Verknöcherung einer oder mehrerer Schädelnähte vorliegt, entsteht eine lagebedingte Schädeldeformität durch permanente äußere Druckeinwirkungen auf den verformbaren Säuglingskopf. Die Differentialdiagnose wird durch eine ausführliche Anamnese, gepaart mit einer gründlichen klinischen Untersuchung, gestellt. Mittels einer Sonografie der Suturen kann darüber hinaus eine mögliche Synostose nachgewiesen werden. Nicht zuletzt ist es essentiell, beide Krankheitsbilder voneinander abzugrenzen, da die Korrektur aufgrund von unterschiedlicher Pathogenese definierte Therapieverfahren erfordert.

1.2 Differentialdiagnose: Kraniosynostosen

Prämature Schädelnahtsynostosen, sogenannte Kraniosynostosen, sind Ossifikationsstörungen mit vorzeitigem Verschluss einer oder mehrerer Suturen und daraus resultierender Schädeldeformierung sowie Einengung des Schädelinnenraums, gepaart mit einem möglichen intrakraniellen Druckanstieg. Die Ätiopathogenese der Kraniosynostose ist heutzutage nicht abschließend geklärt. Sowohl Umweltfaktoren als auch Einzelgenmutationen und Chromosomenanomalien gelten als prädisponierend (15, 16). Mit einer Gesamtinzidenz von 1:2000 bis 1:2500 bilden sie den Hauptanteil aller kraniofazialen Fehlbildungen. Hierbei erkranken Jungen insgesamt häufiger als Mädchen, wobei charakteristische Unterschiede hinsichtlich der betroffenen Sutur bestehen. Kraniosynostosen werden mit mehr als 150 genetischen Syndromen assoziiert. Hierbei kann in 90 % aller Fälle eines der folgenden fünf Syndrome diagnostiziert werden: Apert, Crouzon, Pfeiffer, Muenke sowie das Saethre-Chatzen-Syndrom (17, 18). In 80 bis 90 % aller Fälle liegen allerdings nicht-syndromale Schädelnahtsynostosen vor. Das häufigste Erscheinungsbild stellt hierbei die isolierte Verknöcherung einer der sechs Schädelnähte dar (19). Schwere Formen von Kraniosynostosen, bei denen mehrere Suturen betroffen sind, bedürfen oft einer frühzeitigen chirurgischen Intervention, um eine dauerhafte Beeinträchtigung des äußeren Erscheinungsbildes zu vermeiden und funktionellen Folgeschäden vorzubeugen. Bei ausbleibender Therapie resultiert eine kraniofaziale Malformation im Rahmen einer Beeinträchtigung der physiologischen Wachstumsentwicklung von Neuro- und Viszerokranium (9).

1.3 Lagebedingte Schädeldeformitäten und deren Ätiologie

Lagebedingte Schädeldeformitäten beschreiben Kopfdeformierungen mit meist nachgeburtlicher Ätiologie bei offenen Schädelnähten und physiologischen intrakraniellen Druckverhältnissen ohne zerebellare Platzeinengung (20). Nichtsynostotische Schädeldeformitäten, die bereits intrauterin oder während des Geburtsvorgangs entstehen, zeigen in den ersten Wochen nach der Entbindung oft eine Spontanremission. In dieser Zeit wird der frühkindliche Schädelknochen durch den intrakraniellen Druck des progressiven Hirnwachstums in die richtige Form gedrückt (s. Kapitel 1.1). Da mit zunehmendem Alter der Kopf durch eine verstärkte Mineralisierung der Schädelknochen immer härter wird, ist eine spontane Kopfausformung nur bis zum vierten bis fünften Lebensmonat möglich (20, 21). Prä- und perinatale Schädeldeformitäten können bei ausbleibender Selbstkorrektur auch in eine lagebedingte Schädeldeformität übergehen.

Postnatal entstandene Schädeldeformationen erfahren hingegen selten eine Spontankorrektur und fallen in der Regel erst in der sechsten bis achten Lebenswoche auf (21). Ihre Ursache findet sich häufig im konsequenten Liegen in einer bevorzugten Position. Der stetige lokal einwirkende Druck auf ein Schädelareal, bedingt durch die Schwerkraft sowie das Eigengewicht des Kindskopfes, führt zu einer knöchernen Umformung im Sinne einer Abflachung in der betroffenen Hinterhauptregion (22, 23). Bei Schädeldeformationen mit geringer Ausprägung ist durch das Umfangswachstum eine Verbesserung der endgültigen Kopfform möglich. Zusätzlich können leicht abgeflachte Kopfareale durch zunehmenden Haarwuchs voluminöser erscheinen (20). Bei schwerwiegenderen Kopfdeformationen ist eine Umlenkung des Wachstums in Richtung der abgeflachten Schädelareale nötig, um ästhetische und funktionelle Folgeschäden im fortgeschrittenen Alter zu vermeiden.

Seit 1992 ist ein starker Anstieg von frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformitäten zu verzeichnen. Grund hierfür ist die von der American Academy of Pediatrics (AAP) ins Leben gerufene Kampagne „Back-to Sleep“ zur Vermeidung des plötzlichen Kindstods (SIDS). Diese empfiehlt die konsequente Rückenlagerung von Kindern während der Schlafphasen. Nachweislich haben Säuglinge, die während des Schlafens auf dem Rücken positioniert werden, ein sechsfach geringeres Risiko am SIDS zu versterben als auf dem Bauch positionierte (24, 25). Seither ist eine Reduktion der Inzidenz des SIDS von mehr als 40 % zu verzeichnen (1, 26). Zeitgleich zur erfreulichen Rückläufigkeit der Fallzahlen des plötzlichen Kindstods treten frühkindliche Kopfdeformationen und motorische Entwicklungsverzögerungen gehäuft auf. War 1974 eins von 300 Neugeborenen von einer nicht-synostotischen Schädeldeformität betroffen, liegt die Inzidenz vier Jahre nach Einführung der Kampagne bei einer von 60 Geburten (2). Die derzeitige Inzidenz variiert in der Literatur mit Angaben von 19,7 % bis 48 % stark (27-30). Zur Prävention dieses ungewollten Nebeneffekts initiierte die AAP im Jahr 2003 die Kampagne „tummy time“. Diese empfiehlt Eltern, ihr Kind während der Wachphasen mehrmals täglich unter Beobachtung auf dem Bauch zu lagern. Dadurch können lange monotone Liegephasen auf dem Hinterkopf mit stetig einwirkendem Druck auf ein Schädelareal unterbunden werden. Zusätzlich ist bei Anwendung von regelmäßiger „tummy time“ im Vergleich zu reinen „Rückenliegern“ eine gesteigerte motorische Entwicklung zu beobachten, während muskuläre Dysfunktionen im Bereich der Halswirbelsäule seltener auftreten (31). Die Rückenlage des Säuglings zur primären

Prävention des plötzlichen Kindstods bildet heutzutage die häufigste Ursache für frühkindliche lagebedingte Schädeldeformitäten (32, 33).

Neben der monotonen Lagerung des Säuglingskopfes sind weitere Risikofaktoren für die Entstehung einer lagebedingten Schädeldeformität bekannt. Diese liegen häufig bereits vor der Geburt im Mutterleib vor. Somit kann ein intrauteriner Platzmangel oder die Zwangslage des Fötus dazu führen, dass der elastische fetale Kopf durch asymmetrische Druckeinwirkung pränatal verformt wird (34). Als diskutierte Ursachen hierfür gelten Mehrlingsschwangerschaften, Fehlbildungen der Gebärmutter, Fruchtwassermangel, ein hohes Geburtsgewicht oder der zu frühe Eintritt des Kindes in das mütterliche Becken (35-37). Im Allgemeinen weisen erstgeborene Kinder aufgrund von höherer Kompression des Fetus gegen Ende der Schwangerschaft, Frühgeburten mit weichem Schädelknochen, niedrigem Muskeltonus und Bewegungseinschränkungen und Säuglinge mit Entwicklungsverzögerungen eine höhere Prävalenz für die Entwicklung einer Schädeldeformität auf (33, 38, 39). Darüber hinaus sind männliche Säuglinge in einem Verhältnis von 3:1 betroffen, da sie meist größer, weniger beweglich und somit anfälliger für Verformungskräfte sind als weibliche Neugeborene (38, 40). Perinatale Faktoren, wie die Verwendung einer Zange oder einer Vakuumsaugglocke während des Geburtsvorgangs, begünstigen ebenfalls die Verformung des druck- und zuganfälligen Säuglingskopfes (41). Frühkindliche Schädeldeformitäten resultieren zudem nicht selten aus einer eingenommenen Vorzugshaltung, die sich bereits intrauterin eingestellt hat oder sich kurz nach der Geburt entwickelt. Wird diese bis zum dritten Lebensmonat nicht korrigiert, ist die Entstehung sowie die Intensivierung einer bereits vorhandenen Kopfverformung wahrscheinlich (30, 42, 43). Auch motorische Defizite, die mit einer limitierten Halswirbelsäulenrotation einhergehen, wie ein muskulärer Schiefhals (Torticollis), begünstigen eine bevorzugte Liegeposition des Neugeborenen mit daraus resultierender Schädelverformung. Darüber hinaus scheinen das mütterliche Bildungsniveau und der sozioökonomische Status nicht unerheblichen Einfluss zu haben. Somit zeigen Säuglinge junger Mütter mit einem niedrigen Bildungsniveau und reduziertem Zugang zu öffentlichen Bildungsinitiativen eine höhere Wahrscheinlichkeit in der Entstehung einer lagebedingten Schädeldeformität (38, 42).

1.4 Klinische Einteilung lagebedingter Schädeldeformitäten

Die Einteilung lagebedingter Schädeldeformitäten kann anhand von zwei Deformationstypen vorgenommen werden: dem asymmetrischen Kopf (Plagiocephalus) oder dem zu kurzen Kopf (Brachycephalus). Häufig existieren im klinischen Alltag plagiobrachycephale Mischformen, bei denen die vorliegende Kopfform beide Merkmale aufweist.

1.4.1 Plagiocephalus

Der Begriff Plagiocephalus setzt sich aus den griechischen Worten „Plagios“ und „Kephalê“ zusammen und beschreibt einen „schrägen Kopf“ (41). Das klinische Erscheinungsbild zeigt eine Schädelasymmetrie, die durch eine einseitige occipitale Abflachung sowie dem „Frontal Bossing“, einem Vorstand des gleichseitigen Stirnbeins, charakterisiert ist. Bei ausgeprägten Formen kann es zu einem Versatz der Ohren (Ear shift) kommen, der aus einer vorliegenden Asymmetrie der Schädelbasis resultiert. Darüber hinaus ist eine Gesichtsasymmetrie mit einer Gesichtsskoliose möglich (44). Betrachtet man den plagiocephalen Kopf vom Scheitelpunkt aus, ist eine parallelogrammförmige Schädelform festzustellen (Abbildung 3).

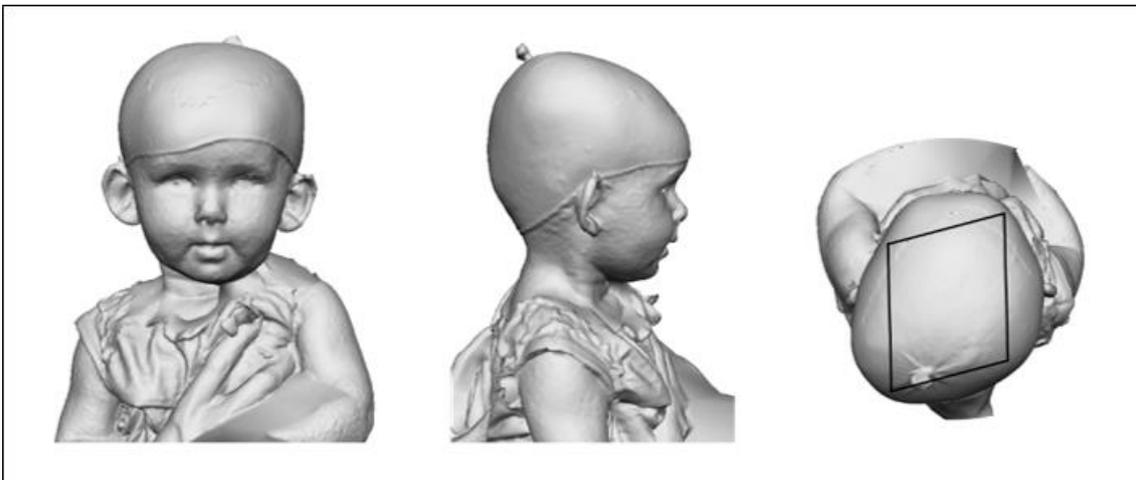


Abbildung 3

Klinisches Beispiel für eine plagioccephale Kopfform: Frontal-, Lateral- und Kranialansicht (hier: Darstellung der parallelogrammhaften Kopfasymmetrie) (Abbildung aus eigenem Patientengut)

1.4.2 Brachycephalus

Die Brachycephalie (griech. „Brachy“ = kurz) beschreibt einen zu kurzen symmetrischen Kopf, der aus der Frontalansicht übermäßig breit wirkt (Abbildung 4). Dieses Erscheinungsbild resultiert aus einer bilateralen occipitalen Abflachung, die sich in einer verkürzten Kopflänge widerspiegelt. Das Schädelvolumen verläuft kompensatorisch nach parietal. Aus lateraler Ansicht kann der Eindruck eines Turmschädels entstehen, da der hintere Scheitelpunkt höher erscheint als der vordere (45).

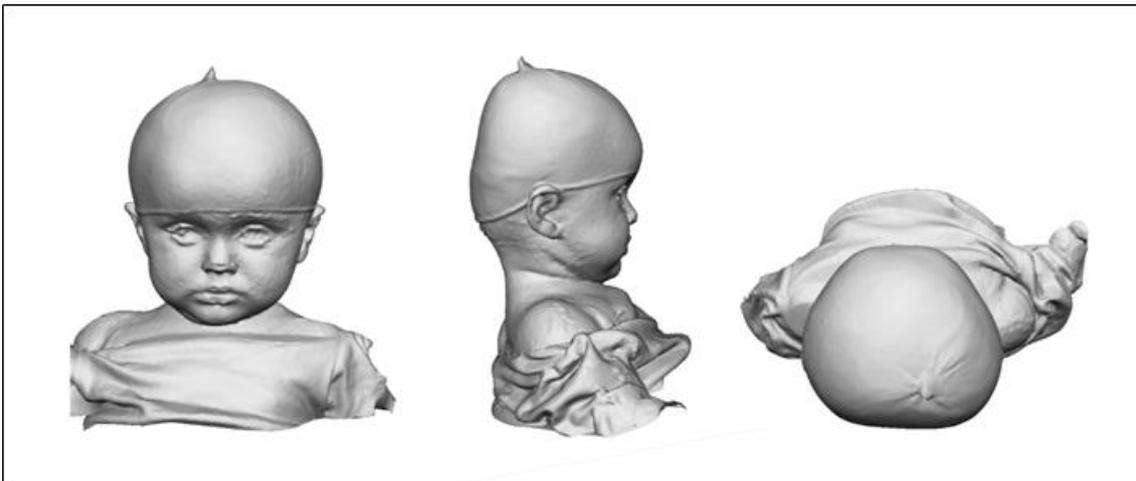


Abbildung 4

Klinisches Beispiel für eine brachycephale Kopfform: Frontal-, Lateral- und Kranialansicht
(Abbildung aus eigenem Patientengut)

1.4.3 Plagiobrachycephale Mischform

Bei einer plagiobrachycephalen Mischform, auch Plagiobrachycephalus genannt, weist der Kopf sowohl plagiocephale als auch brachycephale Merkmale auf. Neben einer vorliegenden Schädelasymmetrie ist der Kopf zusätzlich zu kurz. Dies äußert sich meist in einem auffälligen klinischen Erscheinungsbild (Abbildung 5).

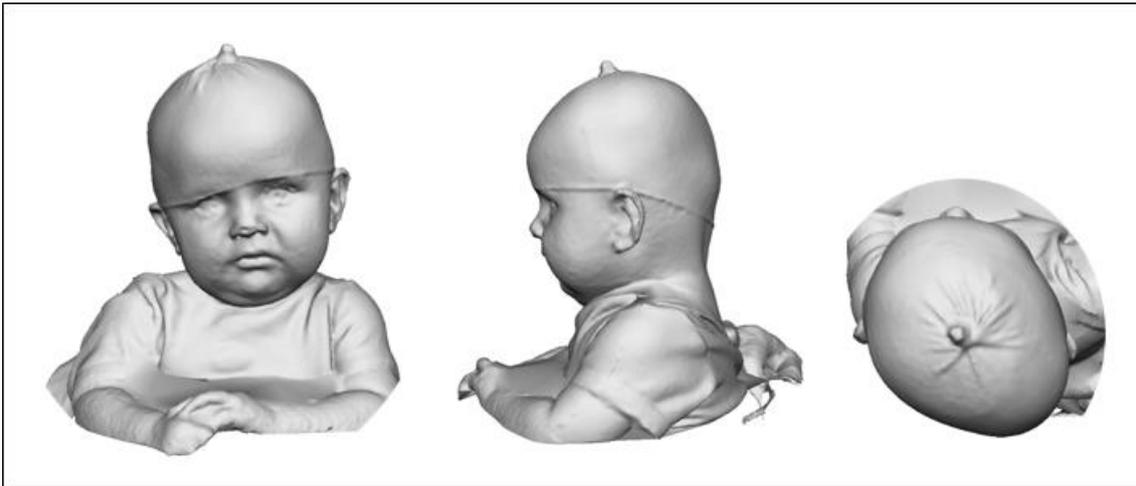


Abbildung 5

Klinisches Beispiel für eine plagiobrachycephale Kopfform: Frontal-, Lateral- und Kranialansicht (Abbildung aus eigenem Patientengut)

1.4.4 Klassifikation nach Argenta

Die wohl bekannteste Einteilung von lagebedingten Schädeldeformitäten wurde von Argenta et al. im Jahr 2004 vorgenommen (46). Seine Klassifikation beruht dabei auf reiner Beobachtung, gilt als aussagekräftig und ist im klinischen Alltag ohne Hilfsmittel einfach anzuwenden (47, 48). Argenta klassifiziert lagebedingte Schädeldeformitäten nach Art sowie Schweregrad der Kopfverformung. Die Plagiocephalie ist in fünf Typen unterteilt, wobei mit zunehmender Typisierung die Ausprägung der Deformation steigt. Während Typ 1 eine milde Plagiocephalie mit unilateraler Hinterkopfabflachung beschreibt, ist Typ 5 durch eine schwere Verformung mit Ohrversatz, Gesichtsbeteiligung sowie einem übermäßig ausgeprägten lateralen und vertikalen Schädelvolumen charakterisiert (Abbildung 6).

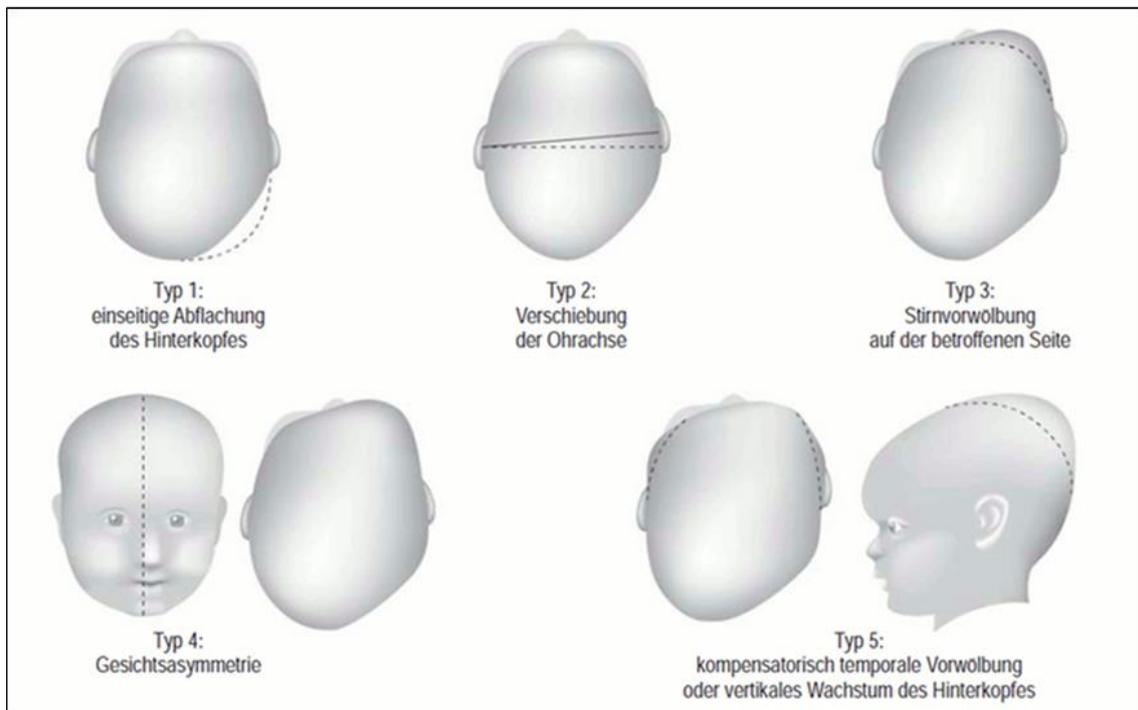


Abbildung 6

Fünf Typen der Plagiocephalie nach Argenta (46), Abbildung aus (34)

Die Brachycephalie ist in eine 3-Punkte-Skala gegliedert. Hierbei reicht die Ausprägung von einer isolierten occipitalen Abflachung (Typ 1) bis hin zu einem forcierten seitlichen sowie vertikalen Schädelwachstum (Typ 3).

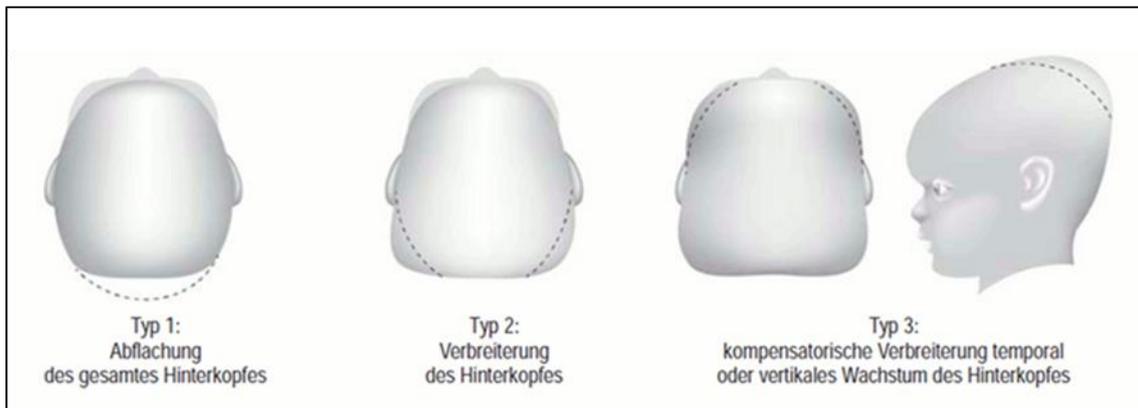


Abbildung 7

Drei Typen der Brachycephalie nach Argenta (46), Abbildung aus (34)

Angelehnt an Argentas Klassifizierung werden im klinischen Alltag heutzutage unterschiedliche Verfahren zum Quantifizieren von Lagerungsdeformitäten eingesetzt. Hierbei wird in der gängigen Praxis zunächst eine manuelle oder digitale Schädelvermessung zur Bestätigung des visuellen Eindrucks vorgenommen. In diesem Rahmen kann zeitgleich sowohl eine Beurteilung des Schweregrads der vorliegenden Deformation als auch die Überprüfung des Therapieerfolgs während der durchgeführten Behandlungsmaßnahmen erfolgen.

1.5 Langzeitfolgen bei Nichttherapie

Unbehandelte frühkindliche Kopfdeformationen können bei Nichttherapie persistieren. Hierbei hat sich gezeigt, dass insbesondere plagiocephale Formen wenig Verbesserungspotenzial aufweisen, wohingegen bei brachycephalen Deformationen häufig ein günstigerer Spontanverlauf beobachtet werden kann (49-52). Neben kosmetischen Beeinträchtigungen stehen vor allem bei asymmetrischen Verformungen funktionelle Defizite und Entwicklungsnachteile der Säuglinge in der Diskussion. Es ist bis heute nicht abschließend geklärt, welches Ausmaß Langzeitfolgeschäden haben können und ab welchem Deformationsgrad mit diesen zu rechnen ist.

Kosmetisch auffällige Kopfdeformationen, einhergehend mit einem zu kurzen Kopf, einem Versatz der Ohren oder einer Gesichtsasymmetrie, weisen nicht nur optische

Defizite auf, sondern bringen häufig auch psychische und psychosoziale Folgen mit sich. Neben einem negativen Selbstbild können Stigmatisierungen und Hänseleien durch das soziale Umfeld zu einer psychischen Belastung für Betroffene und deren Familie führen (5, 50, 53, 54). Darüber hinaus können ein verformter Kopf sowie ein Versatz der Ohren mit Alltagseinschränkungen verbunden sein. So ist beispielsweise der Kauf eines Fahrradhelms häufig mühsam, da diese für deformierte Köpfe oft nicht die richtige Passung aufweisen (55). Ebenso müssen Brillenbügel bei ausgeprägtem Ohrversatz aufgrund seitenungleichen Nasen-Ohren-Abstands angepasst werden (56).

Darüber hinaus können sich funktionelle Defizite im Bereich der Kiefergelenke sowie der Dentition aufgrund einer Schädelbasisasymmetrie manifestieren. Klinisch kommt es auf der Seite der Hinterkopfabflachung zu einer Vorverschiebung des Ohres sowie des knöchernen Gehörgangs und des ipsilateralen Kiefergelenks. Es wird vermutet, dass sich diese Asymmetrie nach kaudal fortsetzt und auf den Unterkiefer überträgt. Hierbei können Malokklusionen wie ein einseitiger Kreuzbiss sowie Mittellinienverschiebungen zur kontralateralen Seite resultieren (57-60). Diese Malokklusionen müssen später oft durch eine aufwendige kieferorthopädische Behandlung korrigiert werden. In diesem Zusammenhang werden craniomandibuläre Dysfunktionen (CMD), Kiefergelenksbeschwerden sowie ein migräneartiger Kopfschmerz diskutiert (21, 61). Eine erhöhte Prävalenz für Strabismus konnte hingegen nicht gefunden werden (62).

Ein möglicher Zusammenhang zwischen Entwicklungsstörungen sowie motorischen Defiziten wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Es konnte festgestellt werden, dass Kinder mit diagnostizierter Plagiocephalie häufiger Förderungsmaßnahmen in Form von Nachhilfe, Sprach-, Ergo- oder Physiotherapie in Anspruch nehmen mussten (53). Auch wiesen die angewandten psychomotorischen und geistigen Entwicklungsindizes im Vergleich zu Kindern ohne Kopfdeformation schlechtere Werte auf (63-65). Letztlich ist noch nicht nachgewiesen, ob eine Kopfdeformation eine Entwicklungsstörung bedingt oder aber etablierte neurologische und motorische Defizite zur Ausbildung einer Schädeldeformation führen. Somit können Faktoren wie Frühgeburten, Mehrlingschwangerschaften, ein Torticollis oder eine zu kurze Bauchlagerungszeit Ursachen von neuromotorischen Entwicklungsdefiziten sein, die gleichzeitig als prädisponierend für die Ausbildung einer lagebedingten Schädeldeformität gelten (64, 66).

1.6 Präventionsmaßnahmen

Um das Risiko lagebedingter Kopfdeformationen zu verringern, sollten Eltern neben der Positionierungsempfehlung zur Vermeidung des plötzlichen Kindstods ebenfalls frühzeitig Aufklärung über die Entstehung und Vermeidung von frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformationen erhalten. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Kopfverformung sowie deren Schweregrad können so deutlich minimiert werden.

Lagerungsvariationen während der Wach- und Schlafphasen sowie die Vermeidung von Bewegungseinschränkungen im Bereich der zervikalen Muskulatur gelten als essentielle Präventionsfaktoren. Vor allem in den ersten sechs Lebenswochen führt eine ausbleibende Kopflagevariation während der Schlafphasen sowie eine verkürzte oder ausbleibende Bauchlagerung mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Entwicklung einer Vorzugposition des Kopfes (38).

Umlagerungsmaßnahmen sollten somit direkt nach der Geburt in den Alltag integriert werden. Die ständig wechselnde Kopfposition verhindert prolongiertes Liegen auf einem Schädelareal und somit eine übermäßige Abflachung in dieser Schädelregion (60). In diesem Rahmen wird empfohlen, den Säugling in den Wachphasen 30 bis 60 Minuten täglich auf dem Bauch zu lagern. Die regelmäßige „tummy time“ stärkt Muskelgruppen und wirkt der Entstehung von segmentalen Funktionsstörungen entgegen (67). Eine weitere Präventionsmaßnahme ist das mütterliche Stillen, welches eine regelmäßige Umpositionierung des Säuglings erfordert sowie kürzere Schlafzeiten fordert (42, 50). Besteht eine Seitenbevorzugung, sollte diese bewusst modifiziert werden. Als Lagerungshilfsmittel kommen dabei spezielle Lagerungskissen zum Einsatz oder einfach eine herkömmliche Decke oder Handtuch, die im Rücken- und Schulterbereich auf der Seite der Hinterkopfabflachung positioniert werden (43). Sinnesstimulationen durch Lichtreize, Geräusche, Ansprache des Kindes aus unterschiedlichen Raumrichtungen können dabei unterstützend wirken. Auch eine Positionsänderung des Betts in Bezug auf das Zimmerfenster oder die Zimmertür, eine Neuordnung von Spielsachen oder bunten Gegenständen fördern eine wechselnde Liegeposition des Kindskopfes (44, 60).

Vermieden werden sollte hingegen langes Sitzen in Babytragesitzen und Autositzen sowie der Vorzug einer Flaschenfütterung in einer wiederkehrenden monotonen Liegeposition. Ist letzteres unumgänglich, sollte die Flasche sowohl mit der rechten als auch der linken Hand zugeführt werden, um eine stetige Umlagerung des Kindes zu

forcieren und der Entwicklung einer Positionspräferenz entgegenzuwirken (50). Bei Bewegungseinschränkungen im Bereich der Halswirbelsäule, wie Muskel-Tonus-Asymmetrien, sollten schnellstmöglich ergänzende physiotherapeutische Behandlung in Anspruch genommen werden. Bei ausbleibender Therapie ist mit einer unphysiologischen Schiefhaltung des Kindes in Wach- und Schlafposition zu rechnen, sodass die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer Schädelverformung erhöht ist (31).

1.7 Nicht-orthetische Therapie

Bei der Diagnose einer frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformität besteht derzeit kein eindeutig festgelegtes Therapiekonzept aufgrund von noch fehlenden evidenzbasierten wissenschaftlichen Studien (68). Viele Therapiekonzepte sind schematisch in Form eines alters- und schweregradabhängigen Stufenplans ausgearbeitet (69). Dabei soll frühestmöglich agiert werden, um das Zeitfenster des intensiven Schädelwachstums vollständig auszunutzen. Hierbei kommen zunächst meist nicht-orthetische konservative Therapiemaßnahmen wie Lagerungstherapie, Physiotherapie, Osteopathie oder eine Kombination zum Einsatz. Sie sollen zur Förderung der spontanen Selbstkorrektur des Säuglingskopfes beitragen und werden bis zu einem Alter von vier Lebensmonaten empfohlen (70).

Bei Neugeborenen steht bis zum vierten Lebensmonat die häusliche Lagerungstherapie mit Drehung des Kopfes zur Seite der Schädelvorwölbung im Vordergrund und wird in diesem Alter als wirkungsvollste Therapiemaßnahme angesehen (61). In diesem Therapiestadium soll eine spontane Entformung des noch elastischen Säuglingsschädels bei zeitgleicher Entlastung des betroffenen Schädelareals erfolgen. Gängige Umlagerungsmaßnahmen sowie Hilfsmittel zu deren Durchführung wurden bereits im Kapitel 1.6 vorgestellt. Ab dem sechsten Lebensmonat ist das reine „Positioning“ nicht mehr wirkungsvoll (49, 70). Aufgrund der fortgeschrittenen Mineralisation ist die Schädelkalotte zu hart, um sich durch positionsbedingten Druck zu verformen. Darüber hinaus lassen sich Kinder in diesem Alter durch die zunehmend gewonnene Beweglichkeit nur noch schwer in eine definierte Position legen (31). Da häusliche Lagerungsmaßnahmen durch die gewohnte kindliche Vorzugshaltung oft schwer umzusetzen sind, führen sie als alleinige Maßnahme selten zu einer zufriedenstellenden Verbesserung (20). Als unterstützend haben sich daher bewegungsfördernde Behandlungen wie Osteopathie und Physiotherapie etabliert.

Physiotherapeutische Maßnahmen werden zur Vermeidung bei Einschränkungen der Kopfbeweglichkeit eingesetzt. Eine klare Indikation stellt dabei ein muskulärer Schiefhals (Torticollis) dar, der zu den häufigsten Ursachen in der Entstehung einer lagebedingten Schädeldeformation zählt (71). Ein frühzeitiger Therapiebeginn ist hierbei mit einer geringeren Inzidenz und Prävalenz einer lagebedingten Kopfdeformation verbunden (72). Das Ziel der Physiotherapie ist die Korrektur muskulärer Dysfunktionen, die Dehnung verkürzter oder angespannter Nackenmuskulatur, die Förderung der neuromotorischen Entwicklung sowie die Vermeidung der skelettalen Manifestation (2, 73, 74). Parallel zur Anwendung der Lagerungstherapie können physiotherapeutische Maßnahmen die Behandlungsdauer nachweislich verkürzen und bei schweren Kopfdeformationen zu besseren Therapieergebnissen führen (75, 76).

Die Osteopathie beruht auf einem komplementären Therapieansatz, der den ganzen Körper als funktionelle Einheit versteht. Die Behandlung einer lagebedingten Schädeldeformation erfolgt daher unter der Analyse von Funktionseinschränkungen des ganzen Säuglingskörpers sowie dessen Umgebung (77). Hierbei ist das primäre Ziel, die Symmetrie des heranwachsenden Kindes zu optimieren, indem somatische Dysfunktionen therapiert und beseitigt werden. Wichtige Elemente zur Behandlung lagebedingter Kopfdeformationen sind dabei unter anderem eine Optimierung der Wirbelausrichtung, die Herstellung der freien Kopf- und Halsbeweglichkeit sowie die Normalisierung von Schädelnähten, Schädelmembranen und intraossären Läsionen. In der Literatur haben osteopathische Therapiemaßnahmen einen nachweislich positiven Effekt auf eine vorhandene Schädelasymmetrie und zählen als sinnvolle Therapiemaßnahme bei Kindern im Alter von unter sechs Lebensmonaten (78, 79).

Ist durch die zuvor genannten konservativen Therapieversuche ab dem vierten bis fünften Lebensmonat keine deutliche Besserung der Schädelverformung festzustellen oder liegt eine starke Restverformung vor, wird die Therapiefortführung mittels einer Kopf-orthese empfohlen (61, 70). Eine operative Therapie einer rein lagebedingten Schädeldeformation gilt heutzutage als obsolet. Ein chirurgischer Eingriff wird nur in Fällen vorgenommen, in denen zusätzlich eine Fusion von Schädelnähten besteht, die eine intrakranielle Druckamplifikation provozieren (s. Kapitel 1.2).

1.8 Kopforthesentherapie

Die Kopforthesentherapie, auch Helmtherapie genannt, wird derzeit als effektivste Behandlungsmaßnahme bei Kindern mit schwerer Schädeldeformation angesehen, wenn zuvor konventionelle Therapieschritte nicht den gewünschten Erfolg eingebracht haben (2-4). Insgesamt zeigen Kinder, die sich einer Helmtherapie unterziehen, eine kürzere Behandlungsdauer und ein besseres Behandlungsergebnis als bei Verzicht auf diese Therapiemaßnahme (44, 80, 81).

Ziel der Helmtherapie ist es, das Kopfwachstum in defizitäre Bereiche zu lenken. Somit soll in abgeflachten Schädelarealen mehr Volumen entstehen, während die Volumenzunahme in bereits oft übermäßig ausgeformten Kopfreionen unterbunden werden soll. Der Therapiehelm wird bei auffälliger Schädelasymmetrie und bei vorliegenden Defiziten im Längen-Breiten-Verhältnis eingesetzt. Hierbei ist oft das subjektive Empfinden des behandelnden Arztes sowie der Eltern entscheidend. Die absolute Behandlungsindikation ist bei plagiocephalen Verformungen ab einer Schädelasymmetrie von einem Zentimeter in der Diagonalendifferenz gegeben oder wenn der Kopf die näherungsweise gleichen Messwerte für Länge und Breite aufweist (61, 82, 83).

1.8.1 Zeitfenster der Kopforthesentherapie

Neben dem Schweregrad der Kopfdeformation ist das Alter des Patienten bei Therapieeintritt zu berücksichtigen, das einen nachgewiesenen Einfluss auf den Behandlungserfolg sowie die Behandlungsdauer hat. So wird der optimale Therapiebeginn in einem Alter von vier bis sechs Lebensmonaten definiert (73, 84-86). Wird die Therapie in dem angegebenen Zeitfenster begonnen, kann das Wachstumspotential maximal ausgenutzt und mit dem bestmöglichen Korrekturergebnis gerechnet werden. Dies kommt besonders in Fällen schwerer Kopfdeformationen zum Tragen. Zusätzlich verkürzt sich die Behandlungsdauer, die im Mittel acht Wochen bis mehrere Monate andauert (21). Ein Therapiebeginn vor dem vierten Lebensmonat wird nicht empfohlen. Grund dafür ist neben der noch möglichen Selbstkorrektur des wachsenden Kopfes, dass die Kopforthese aufgrund von zu schwach ausgeprägter zervikaler Muskulatur nicht toleriert wird. Ab einem Alter von zwölf Lebensmonaten verlängert sich die Helmtragezeit, da sich das Kopfwachstum ab diesem Zeitpunkt stark verlangsamt. Während der Kopfumfang im ersten Lebensjahr im Mittel um 12,5 cm

zunimmt, kann im zweiten Lebensjahr lediglich eine Zunahme von 2,5 cm gemessen werden (31, 70). Dies kann zum einen zu einer verminderten Motivation der Betreuungsperson führen, da der Behandlungsfortschritt sehr gering ist. Zusätzlich sinkt die kindliche Helmtragetoleranz, was dazu führen kann, dass der Helm von den Kindern selbstständig ausgezogen wird (85).

1.8.2 Funktionsprinzip einer Kopforthese

Die Kopforthese ist so gestaltet, dass sie in den abgeflachten Bereichen des Schädels durch Freiraum Platz für Wachstum ermöglicht, wohingegen sie in den Bereichen, in denen ein Volumenüberschuss herrscht, passiv ohne Druck anliegt. Somit ist eine definierte Förderung des Kopfwachstums in eine symmetrische ideale Form möglich (54). Hierbei findet keine Einschränkung des Schädelwachstums statt (87). Bei plagiocephalen Köpfen wird versucht, unilaterales lateroposteriores Volumen zu gewinnen und eine Kopfsymmetrie herzustellen. Bei einer Brachycephalie erfolgt neben der Hemmung des Breitenwachstums eine Förderung des Längenwachstums zum Gewinn von fehlendem posterioren Schädelvolumen (Abbildung 8).

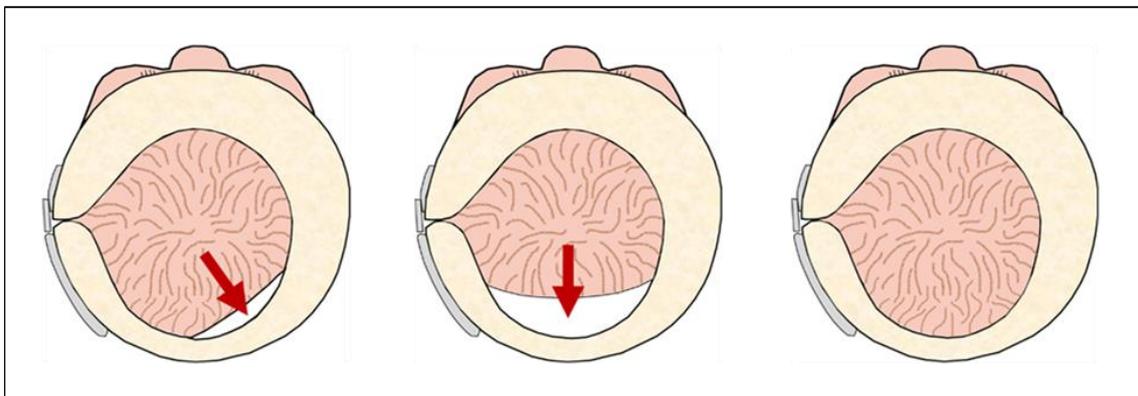


Abbildung 8

Wachstumsumlenkung in den freien Bereich der Kopforthese bei einer Kopfasymmetrie (links) und einem zu kurzen Kopf (mittig). Der rote Pfeil verdeutlicht die Wachstumsrichtung in eine ideale Form (rechts).

Die runde symmetrische Form der Kopforthese ermöglicht zusätzlich eine bessere Kopffrotation zu beiden Seiten, die oft aufgrund der abgeflachten Schädelareale ohne Therapiehelm nicht mehr möglich ist. Für einen komplikationslosen Behandlungsverlauf und ein erfolgreiches Therapieergebnis ist eine gute Compliance auf elterlicher Seite unerlässlich. So sollte die Tragedauer der Kopforthese von 23 Stunden täglich strikt eingehalten werden, um einen nebenwirkungsarmen Therapieverlauf mit geringer

Behandlungsdauer und bestmöglichem Behandlungsergebnis zu erzielen. Des Weiteren ist die tägliche Helmreinigung sowie das Wahrnehmen regelmäßiger Verlaufskontrolltermine beim Facharzt zur Überprüfung der Formentwicklung für eine erfolgreiche Behandlungsdurchführung elementar.

1.8.3 Nebenwirkungen der Koporthesentherapie

Die Behandlung mit einer Koporthese ist ein nicht-invasives risikoarmes Hilfsmittel zur Therapie von lagebedingten Schädeldeformitäten. Obwohl bekannt ist, dass die meisten Patienten den Helm gut tolerieren, lassen sich in etwa bei jedem vierten Patienten leichte Nebenwirkungen beobachten (88). Diese umfassen häufig Hautirritationen wie Hitzeausschlag durch vermehrtes Schwitzen, allergische Reaktionen auf das Helmmaterial oder Ethanol-Erytheme durch das Reinigungsmittel (44, 89). In einigen Fällen kann eine mangelnde Passform zur Entstehung von Druckstellen mit einhergehenden Hauterosionen durch inkonsequentes Helmtragen oder zum Verrutschen des Helms beitragen. Letzteres weist vor allem bei brachycephalen Köpfen eine höhere Prävalenz auf, da durch das fehlende Hinterhauptvolumen die Helmretention verringert wird (44, 88, 90). Grundsätzlich hat das Tragen einer Koporthese keinen negativen Einfluss auf die motorische Entwicklung oder die Lebensqualität des betroffenen Kindes. Somit besteht in den meisten Fällen von kindlicher Seite eine große Toleranz gegenüber einer Koporthese. In einigen Fällen zeigten sich sogar verminderte Schlafprobleme oder weniger häufiges Weinen (49). Nach Therapieabschluss ist es nicht unüblich, dass sich die Patienten häufiger den Kopf stoßen, da diese Schmerzerfahrung während der Behandlung mit dem Helm verhindert wurde (89). Aus Sicht der Betreuungspersonen wird die Helmtherapie insgesamt als angenehme Therapieform mit einem zufriedenstellenden Ergebnis gewertet (44, 49, 91). Die Einleitung und Durchführung einer Koporthesentherapie ist allerdings organisatorisch aufwendig und oft zeitintensiv. Im Vorfeld ist in vielen Fällen die Finanzierung durch die Krankenkassen nicht gesichert. Oft sind es Einzelfallentscheidungen, die bis zur Klärung zunächst eines aufwendigen bürokratischen Prozesses bedürfen und wertvolle Zeit bis zum Behandlungsbeginn kosten.

1.9 Zielsetzung dieser Arbeit

In der Literatur existieren bereits zahlreiche Studien, die die hohe Wirksamkeit einer Kopforthesentherapie bei lagerungsbedingten Schädeldeformitäten, insbesondere bei jüngeren Patienten mit mittleren bis schweren Verformungen, nachweisen. Dafür stützen sich die meisten Autoren auf das Therapieergebnis unmittelbar nach Helmabnahme. Die veröffentlichten Langzeitstudien nach erfolgter Kopforthesentherapie sind derzeit überschaubar (51, 57, 59, 92). Darüber hinaus existieren in der Literatur weitaus mehr Studien zur Kopforthesentherapie bei diagnostizierter Plagiocephalie, während die Korrektur der isolierten Brachycephalie nur vereinzelt wissenschaftlich untersucht wurde (55, 93). Selten wurde eine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Deformationstypen vorgenommen und diese sogar als Kontinuum beschrieben (94). Entgegengesetzt dazu dokumentierten Teichgraeber et al. 2004 erstmalig unterschiedliche Therapieerfolge zwischen plagiocephalen und brachycephalen Patienten (95). Nachdem Wilbrand et al. im Jahr 2011 zwischen Plagiocephalus, Brachycephalus sowie der plagiobrachycephalen Mischform unterschieden, entwarfen Hinken et al. kürzlich ein reproduzierbares Klassifikationssystem der drei Formtypen und empfahlen eine zukünftige Differenzierung aufgrund charakteristischer Therapieverläufe (83).

In dieser Arbeit soll neben der Prüfung des Therapieerfolgs das Langzeitergebnis von Plagiocephalus, Brachycephalus und bei plagiobrachycephaler Mischform mindestens ein Jahr nach erfolgter Kopforthesentherapie analysiert werden.

Hierzu sollen die folgenden Hypothesen untersucht werden:

1. Die Kopforthesentherapie stellt eine wirkungsvolle Therapieoption bei lagebedingten Schädeldeformitäten dar, die sich in einem erfolgreichen Therapieergebnis widerspiegelt.
2. Der Therapieerfolg wird durch junges Eintrittsalter sowie einen erhöhten Schweregrad positiv beeinflusst.
3. Nach Therapieabschluss ist mit weitgehender Stabilität des Therapieergebnisses zu rechnen, wobei leichte Veränderungen möglich sind.
4. Es existieren charakteristische Unterschiede im Behandlungsverlauf und hinsichtlich des Langzeitergebnisses von plagiocephalen und brachycephalen Patienten.

5. Bei der Kopforthesentherapie handelt es sich um ein Therapieverfahren, das von den Patienten gut toleriert wird und eine hohe elterliche Zufriedenheitsrate aufweist.

Zur Überprüfung der Hypothesen soll ein definierter Datensatz mithilfe einer zweidimensionalen Schädelvermessung (Kephalometrie) untersucht werden. Im Rahmen der statistischen Auswertung wird das Patientenkollektiv in Anlehnung an die Klassifikation von Hinken et al. in Diagnosegruppen unterteilt, um den Therapieerfolg sowie das Langzeitergebnis spezifisch auswerten zu können (83). Zusätzlich erfolgt eine Elternbefragung mittels eines standardisierten Fragebogens zur Evaluation der elterlichen Zufriedenheit hinsichtlich des Langzeitergebnisses sowie des Therapieverlaufs.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Für die zugrundeliegende Untersuchung wurde zunächst eine retrospektive Datenanalyse durchgeführt. Dabei wurden die Akten von 283 Patienten untersucht, die sich im Zeitraum von Februar 2012 bis April 2017 in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Uniklinik Köln einer Kopforthesentherapie unterzogen haben. Im Zeitraum von Dezember 2018 bis März 2019 erfolgte im Rahmen der Nachuntersuchung die Wiedervorstellung von 58 ehemaligen Patienten im Beisein ihrer Erziehungsberechtigten zur Bestimmung des Langzeitergebnisses.

2.2 Kopforthesentherapie in der MKG der Uniklinik Köln

Die Poliklinik und Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Uniklinik Köln bietet wöchentlich eine Helmsprechstunde an, in der Patienten mit frühkindlicher lagerungsbedingter Schädeldeformität untersucht und bei entsprechender Diagnose-stellung mittels Koporthese therapiert werden.

Erstuntersuchung und Beginn der Kopforthesentherapie

Im Rahmen der Erstuntersuchung werden zunächst die Stammdaten sowie die allgemeine und spezielle Anamnese zur Identifikation von Risikofaktoren mittels eines Fragebogens erfasst. Im Anschluss erfolgt die klinische Untersuchung des Patienten. Nach Ausschluss einer vorzeitigen Nahtsynostose durch die genaue Schädelinspektion eines Facharztes wird der Kopf kephalometrisch vermessen. Die Therapieindikation wird anhand der Messdaten und des kosmetischen Empfindens von Eltern und Behandler gestellt. Nach der Entscheidung zur Durchführung einer Kopforthesentherapie erfolgt die Anfertigung von 3D-Fotos des Patientenkopfes für die individuelle Helmanfertigung. Mit Hilfe von fünf Kameras werden die Kopfproportionen in 1,5 ms erfasst (Abbildung 9).

Die Daten werden im Anschluss direkt der Helmanfertigungsfirma Cranioform® übermittelt. Dort erfolgt unter Berücksichtigung der Wachstumszonen die digitale Berechnung der idealen Kopfform, bevor auf deren Basis schließlich die individuelle Koporthese angefertigt wird. Mit Kenntnis des Alters ist es so möglich, das voraussichtliche Kopfwachstum und somit die Behandlungsdauer abzuschätzen (21).

Nach der Fertigstellung erfolgt die Helmanpassung und Instruktion zur Tragedauer, Reinigung und ambulanten Wiedervorstellung.



Abbildung 9

Fotoapparat zur Erfassung der dreidimensionalen Kopfproportionen für die Herstellung einer individuellen Koporthese

Aufbau der Koporthese und Therapieverlauf

Für einen komplikationslosen effektiven Therapieverlauf sind die disziplinierte häusliche Mitarbeit auf elterlicher Seite sowie eine fachärztliche Betreuung mit regelmäßigen Verlaufskontrollen erforderlich. Die Koporthese besteht aus dem Kunststoff Polyethylen, ist auf der Außenseite aus Hartkunststoff und auf der Innenseite für den Tragekomfort geschäumt ausgekleidet. Mittels des seitlichen Klettverschlusses kann sie leicht an- und abgelegt werden (Abbildung 10). Mit einer täglichen Tragedauer von 23 Stunden soll das frühkindliche Kopfwachstum maximal ausgenutzt werden. Während der einstündigen Orthesenkarenz erfolgt die Helmreinigung mittels eines speziellen Ethanols. Zeitgleich wird der Kopf des Kindes gewaschen und die Haut gepflegt. Nach kurzer Gewöhnung ist die Toleranz auf elterlicher und kindlicher Seite in der Regel sehr gut. Im Rahmen der regelmäßigen Verlaufskontrollen wird der Sitz der Koporthese kontrolliert, entstandene Druckstellen entfernt und die Motivation zur Therapiefortführung sichergestellt.

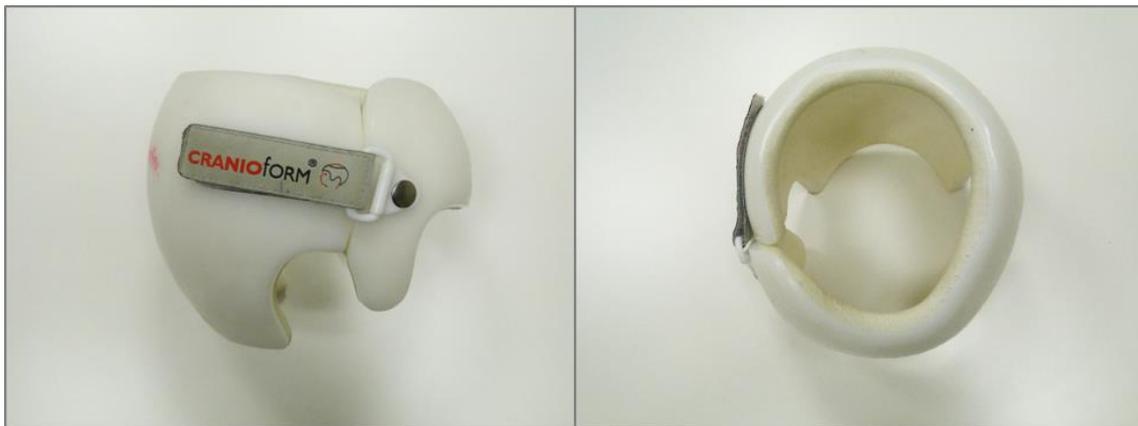


Abbildung 10

Laterale und kraniale Ansicht einer Koporthese der Firma Cranioform®

Ende der Kopforthesentherapie

Die Therapie wird bei ausreichend optimiertem Längen-Breiten-Verhältnis sowie bestmöglichen Symmetrienergebnissen beendet. Dabei sind sowohl die Messergebnisse als auch die Zufriedenheit von Eltern und Behandler ausschlaggebend. Zudem wird zur Dokumentation des Behandlungsergebnisses ein finales 3D-Foto angefertigt.

In einigen Fällen wird das Therapieende von den Eltern vorzeitig gewünscht, wenn sie mit dem kosmetischen Ergebnis zufrieden sind und auf einen Abschlusstermin verzichten. Sind die Kinder bereits etwas älter, kann es zu einer verminderten Helmtragetoleranz kommen. Ab einem Alter von zwölf Lebensmonaten beginnen manche Kinder sich den Helm eigenständig auszuziehen, was eine konsequente Therapiefortführung deutlich erschwert (85). Zusätzlich auftretende Nebenwirkungen wie Hautekzeme, Allergien und Druckstellen können dazu führen, dass Eltern ihrem Kind das Helmtragen nicht länger zumuten wollen und den vorzeitigen Therapieabschluss selbständig beschließen.

2.3 Nachuntersuchung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden ehemalige Patienten zur Evaluation des Langzeitergebnisses nachuntersucht. Hierbei lag der Fokus auf einer erneuten kephalometrischen Kopfvermessung zur Beurteilung des Längen-Breiten-Verhältnisses und der Schädelasymmetrie. Darüber hinaus füllten die Eltern einen im Vorfeld entwickelten Fragebogen aus (s. Anhang). Dieser galt der Überprüfung der elterlichen Zufriedenheit in Bezug und auf das kosmetische Langzeitergebnis der Kopfform ihres Kindes und des Therapieverlaufs.

2.4 Patientenselektion und Patientenkollektiv

Eingeschlossen in diese Arbeit wurden alle Patienten, bei denen eine behandlungsbedürftige nicht-synostotische Schädeldeformität diagnostiziert wurde und daraufhin die Einleitung einer Therapie mittels Koporthese erfolgte. Eine Behandlungsindikation wurde dann gestellt, wenn der klinische Eindruck einen Therapiebedarf anzeigte und eine Kopfasymmetrie mit einer Cranial Vault Asymmetry (CVA) größer als 1 cm, ein Missverhältnis im Längen-Breiten-Verhältnis des Schädels mit einem Cranial Index (CI) über 90 % bestand oder eine Kombination aus beidem vorlag. Letztlich beruhen diese Werte auf langjähriger abteilungsinterner Erfahrung, da

bisher keine einheitlichen wissenschaftlichen Indikationskriterien vorliegen. Des Weiteren wurde berücksichtigt, dass im Vorfeld bis zum vierten Lebensmonat nicht-orthetische Therapien wie Lagerungsmaßnahmen, Physiotherapie, Osteopathie oder eine Kombination ohne den gewünschten Behandlungserfolg vorgenommen wurden. Da sich das Kopfwachstum nach Abschluss des ersten Lebensjahres stark verlangsamt (s. Kapitel 1.8.1), wurden in dieser Arbeit lediglich Patienten berücksichtigt, die zum Zeitpunkt der Helmanpassung vier bis zwölf Monate alt waren.

Ausgeschlossen wurden Patienten mit schwerwiegenden Grunderkrankungen, syndromalen Erkrankungen oder Schädelnahtsynostosen. Weitere Kriterien wie eine mangelnde Compliance in der Umsetzung der Helmtragedauer von 23 Stunden täglich, Patienten, die bei Behandlungsbeginn jünger als vier oder älter als zwölf Monate alt waren sowie Patienten, die nach Erstvorstellung nicht wieder erschienen sind oder die Therapie eigenständig vorzeitig abgebrochen haben, führten ebenfalls zum Ausschluss.

Letztlich erfüllten 215 der 283 Patienten die vorgegebenen Anforderungen und wurden zunächst in die Datenbank aufgenommen. 68 Fälle fanden aufgrund von vorzeitigem Therapieabbruch (23/68), nicht erfüllten Einschlusskriterien (19/68) oder lückenhaften Datensätzen (26/68) keine Berücksichtigung. Für die Evaluation des Langzeitergebnisses nach Kopforthesentherapie konnten für diese Arbeit 58 Patienten nachuntersucht und deren Datensätze analysiert werden, die das finale Patientenkollektiv bilden.

2.5 Ethikvotum

Für die Datenerhebung im Rahmen der Nachkontrolle lag ein positives Ethikvotum der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Uniklinik Köln vor. (Zeichen: 19- 1065_2).

2.6 Messverfahren und Messparameter

Messverfahren

Die klinische Untersuchung wurde im Rahmen einer non-invasiven Schädelvermessung mithilfe eines Kephalometers durchgeführt (Abbildung 11). Hierbei handelt es sich um ein manuelles zweidimensionales Verfahren zur Ermittlung der anthropometrischen Kopfparameter Schädellänge, der Schädelbreite sowie der zwei Schädeldiagonalen.

Ein standardisiertes Messprotokoll stellt die Voraussetzung für eine reproduzierbare Kopfvermessung dar. Dieses beinhaltet eine im Vorfeld detaillierte Schädelinspektion zur Identifikation der exakten Messpunkte als auch einen genauen Ansatz der Kephalometerbranchen bei manueller Fixierung des Säuglingskopfes wie in Abbildung 11 (rechts) dargestellt. Anschließend wird mithilfe der Zirkelskalierung die Vermessungsstrecke zwischen zwei Messpunkten abgelesen. Die Kopfvermessung erfolgt durch einen geschulten Facharzt der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgischen Abteilung der Uniklinik Köln.



Abbildung 11

Links: Messzirkel (Kephalometer), rechts: Durchführung der Schädelvermessung bei fixiertem Säuglingskopf

Messparameter

Abbildung 12 zeigt die anatomische Lage der zu identifizierenden Messpunkte. Zu ihnen zählen die Glabella (Gla), die sich mittig der Augenbrauen und kranial der Nasenwurzel befindet, die Protuberantia occipitalis externa (Poe), dem prominentesten Punkt des Hinterkopfes mittig des Os occipitale sowie die paarig angelegten Messpunkte Eurion (Eu) und Frontozygomaticus (Fz). Der Eu-Punkt lässt sich einen Zentimeter kranial der oberen Helixanheftung ermitteln, während der Fz-Punkt als der am weitesten lateral liegende Punkt der Sutura frontozygomatica definiert wird (22).

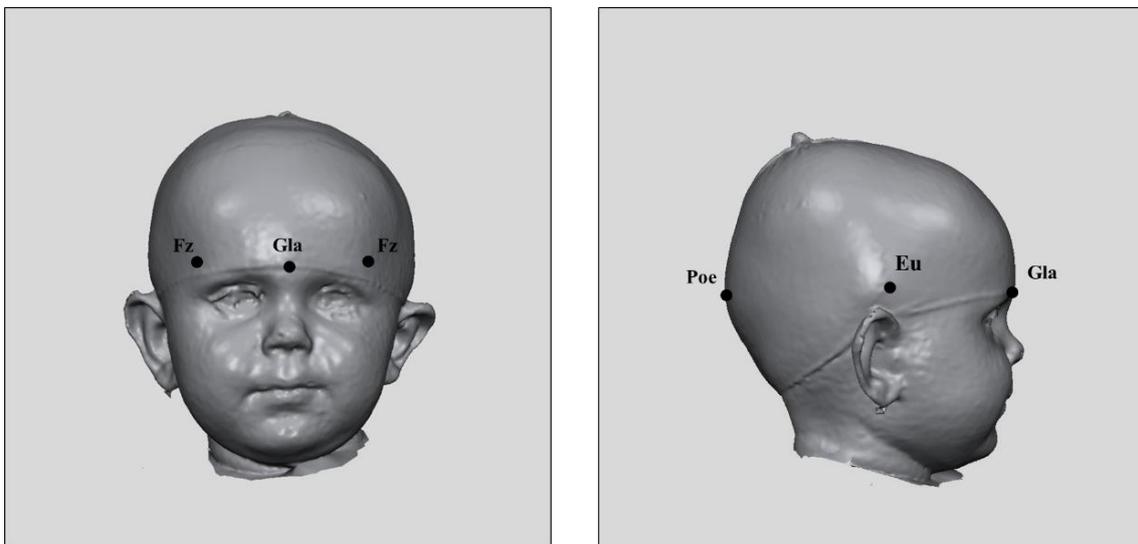


Abbildung 12

Darstellung der zu identifizierenden Messpunkte vor Ansatz des Messzirkels

Sind die Messpunkte festgelegt worden, können die Messstrecken, die in Abbildung 13 veranschaulicht sind, definiert werden. Die **Schädellänge (L)** stellt die längste fronto-occipitale Gerade in der Sagittalebene zwischen den Messpunkten Gla und Poe dar. Für die Ermittlung der **Schädelbreite (Br)** dient die Geradenvermessung zwischen den Eu-Punkten. Liegt eine Ohrverschiebung vor, erfolgt ein Versatz der Messpunkte entlang der Verschiebung. Dadurch wird eine vorliegende Schädelasymmetrie bedacht (96). Die Vermessung der **Schädeldiagonalen (D)** 1 und 2 wird von latero-orbital nach occipital durchgeführt. Dabei erfolgt der Ansatz des Messzirkels am Fz-Punkt und an der größten kontralateralen Hinterkopferhebung sowie auf der Gegenseite am Supraorbitalpunkt und an der prägnantesten occipitalen Abflachung. Folglich wird der maximalste (D1) und der minimalste (D2) Schrägdurchmesser des Kopfes ermittelt.

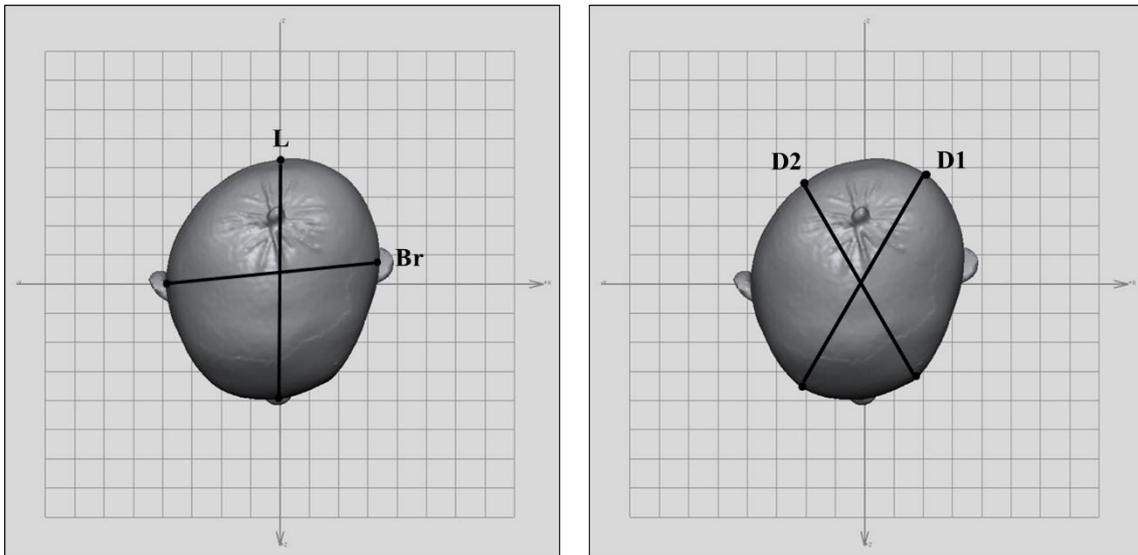


Abbildung 13

Darstellung der Messstrecken Schädelhöhe (L), Schädelbreite (Br), lange Schädeldiagonale (D1) sowie kurze Schädeldiagonale (D2)

2.7 Berechnung der Kopfparameter CVA, CVAI und CI

Nach Bestimmung der Messstrecken werden aus diesen die international gängigen Kopfparameter, die Cranial Vault Asymmetry (CVA), der Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) sowie der Cranial Index (CI), berechnet. Während die CVA und der CVAI Auskunft über das Vorliegen einer Kopfasymmetrie geben, beschreibt der CI das vorliegende Längen-Breiten-Verhältnis. Somit ist der behandelnde Facharzt bereits während der Erstvorstellung in der Lage, die Diagnose einer behandlungsbedürftigen lagebedingten Schädeldeformation zu stellen sowie über Art und Ausprägung dieser aufzuklären. Während der Verlaufskontrollen dient die Entwicklung der Kopfparameter der Überwachung des Therapieerfolgs sowie der Entscheidung, zu welchem Zeitpunkt die Koporthesentherapie erfolgreich abgeschlossen werden kann.

Cranial Vault Asymmetry (CVA)

Die Cranial Vault Asymmetry (CVA) beschreibt den Grad der Kopfasymmetrie und wird zur Diagnosestellung eines Plagiocephalus sowie eines Plagiobrachycephalus erhoben (68, 97). Hierfür erfolgt die Differenzbestimmung der Schädeldiagonalen 1 und 2. Dabei beschreibt Diagonale 1 den größeren Wert, von dem die kürzere Diagonale 2 subtrahiert wird. Die CVA wird in Zentimetern angegeben.

$$\text{Cranial Vault Asymmetry (CVA)} = \text{Diagonale 1} - \text{Diagonale 2}$$

Eine Diagonalendifferenz von 0 cm entspricht einer Schädelasymmetrie und somit einer idealen Kopfform. Ab einem Wert von 1 cm besteht eine Behandlungsindikation (61).

Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI)

Der Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI) dient neben der zuvor beschriebenen CVA der Beurteilung einer vorliegenden Kopfasymmetrie. Ergänzend zur CVA berücksichtigt der CVAI die vorliegende Schädelgröße, indem die Schädeldiagonalendifferenz in Relation zur kürzeren Diagonale 2 gesetzt und mit 100 multipliziert wird. Der CVAI wird in Prozent angegeben.

$$\text{Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI)} = \frac{\text{Diagonale 1} - \text{Diagonale 2}}{\text{Diagonale 2}} \times 100$$

Während ein perfekt symmetrischer Kopf einen CVAI-Wert von 0 % aufweist, gelten Werte bis 3,5 % als physiologisch (44).

Cranial Index (CI)

Der Cranial Index (CI), auch Cephalic Index, gilt als Maß für die Längsovalität des Kopfes. Er gibt das Verhältnis zwischen Kopfbreite und Kopflänge wieder und ist für die Diagnose sowie für die Beschreibung einer Brachycephalie als auch von plagiobrachycephalen Mischformen fundamental (22). Die Berechnung erfolgt, indem die Schädelbreite durch die Schädellänge dividiert und mit 100 multipliziert wird. Der CI wird in Prozent angegeben.

$$\text{Cranial Index (CI)} = \frac{\text{max. Schädelbreite}}{\text{max. Schädellänge}} \times 100$$

In der Literatur variieren die Werte des Normbereichs (Tabelle 1). Während sich viele Autoren auf einen physiologischen Wert zwischen 75 % bis 85 % berufen (2, 22, 98), werden Werte bis 92 % angegeben (83, 89). Für diese Arbeit wurde ein CI unter 90 % als physiologisch definiert.

Cranial Index	Literaturquelle
76 % bis 81 %	Graham et al. 2005
75 % bis 85 %	Dörhage 2010
79 % bis 83 %	Likus et al. 2014
81 % bis 92 %	Wilbrand et al. 2012

Tabelle 1

Übersicht der Literaturquellen zur Definition des Normbereichs des CI

Die Bestimmung der Kopfparameter erfolgte zu Therapiebeginn im Rahmen der Helmanpassung (T1), zu Therapieabschluss (T2) und bei der Nachuntersuchung (T3) zur Überprüfung des Langzeitergebnisses nach mindestens einem Jahr nach abgeschlossener Kopforthesentherapie (Abbildung 14).



Abbildung 14

Darstellung der Vermessungszeitpunkte an einem Patientenbeispiel zu T1 (Therapiebeginn), T2 (Therapieabschluss) und T3 (Nachuntersuchung)

2.8 Datenbank

Zur Erstellung der Datenbank und zur statistischen Auswertung wurden alle 58 Datensätze in das Statistikprogramm SPSS, Version 25 (Software IBM), übertragen und für die weitere Verwendung anonymisiert.

Stammdaten und allgemeine Anamnese

- Patientename
- Laufende Nummer (Vergabe bei Eintragung in die Datenbank)
- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Allgemeinerkrankungen

Spezielle Anamnese

- Geburtsvorgang (Spontangeburt, Kaiserschnitt, Saugglocke, Zangengeburt)
- Zwillingsgeburt
- Erstgeborenes Kind
- Frühgeburt
- Art der erfolgten Vorbehandlung zusätzlich zur Umlagerung (Physiotherapie, Osteopathie, Kombination aus Physiotherapie und Osteopathie)

Erhobene Parameter bei Therapiebeginn (T1)

- Datum
- Alter bei Therapiebeginn in Monaten (Berechnung aus Geburtsdatum und Datum des Therapiebeginns)
- Messdaten in cm: Schädellänge, Schädelbreite, Schädeldiagonale 1 und 2
- Berechnung von: CVA, CVAI, CI
- Zuordnung einer Diagnose: Plagiocephalus, Brachycephalus, Plagiobrachycephalus

Erhobene Parameter bei Therapieabschluss (T2)

- Datum
- Behandlungsdauer in Monaten (Berechnung aus Datum bei Therapiebeginn und Datum bei Therapieende)
- Messdaten in cm: Schädellänge, Schädelbreite, Schädeldiagonale 1 und 2
- Berechnung von: CVA, CVAI, CI

Erhobene Parameter bei Nachuntersuchung (T3)

- Datum
- Alter in Jahren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Berechnung aus Geburtsdatum und Datum der Nachuntersuchung)
- Zeit zwischen Therapieabschluss und Nachkontrolle in Jahren
- Messdaten in cm: Schädellänge, Schädelbreite, Schädeldiagonale 1 und 2
- Berechnung von: CVA, CVAI, CI

Fragebogen

Zusätzlich wurden die Eltern um die Ausfüllung eines Fragebogens gebeten (s. Anhang 7.3). Dieser enthielt die persönliche Beurteilung des kosmetischen Langzeitergebnisses der Kopfform ihres Kindes sowie während der durchgeführten Helmtherapie beobachtete Nebenwirkungen und persönliche Empfindungen.

2.9 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte ebenfalls mit dem im Kapitel 2.8 genannten Statistikprogramm SPSS. Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurde das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel (Version 2013) verwendet.

2.9.1 Gruppierung

Um eine differenzierte Auswertung nach Deformitätstypen vornehmen zu können, wurde das Patientenkollektiv zunächst anhand der Kopfparameter CVA, CVAI und CI bei Therapiebeginn anhand der in Tabelle 2 dargestellten Klassifikation von Hinken et al. in drei Diagnosegruppen eingeteilt (83). Die Gruppe Plagiocephalus (P) umfasste Patienten mit einem CVA-Wert größer 1 cm und einem CI-Wert von 90 % oder kleiner. In die Gruppe Brachycephalus (B) wurden alle Patienten mit einem CVA-Wert von 1 cm oder kleiner und einem CI-Wert größer als 90 % eingeschlossen. Die Gruppe Plagio-brachycephalus (PB) stellte eine Kombination aus beiden Deformationstypen mit einem CVA-Wert über 1 cm und einem CI-Wert größer 90 % dar.

	Gruppe P	Gruppe B	Gruppe PB
CVA	> 1 cm	≤ 1 cm	> 1 cm
CI	≤ 90 %	> 90 %	> 90 %

Tabelle 2

Einteilung der Diagnosegruppen nach Hinken et al. (83)

2.9.2 Statistische Berechnung

Für jede Diagnosegruppe wurden zunächst die Mittelwerte der CVA, des CVAI und des CI berechnet. Nach Prüfung auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) erfolgte die Durchführung eines gepaarten t-Tests bzw. des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests zur Bewertung des Therapie- und des Langzeitergebnisses. Darüber hinaus wurden im Rahmen einer linearen Regressionsanalyse der Einfluss von Alter bei Therapiebeginn, Behandlungsdauer sowie die initialen Werte von CVA, CVAI und CI bzw. bei Behandlungsabschluss im Hinblick auf das Therapie- bzw. das Langzeitergebnis statistisch analysiert. Letztlich ergab sich die elterliche Zufriedenheit bezüglich des Langzeitergebnisses und des Therapieverlaufs auf Basis der Mittelwerte.

3. Ergebnisse

3.1 Aufteilung der Studienpopulation

Die Diagnosegruppenzuteilung in die Gruppen Plagiocephalus (P), Brachycephalus (B) und Plagiobrachycephalus (PB) erfolgte anhand der 58 vorliegenden Datensätze zu Therapiebeginn. Der Deformationstyp PB stellt mit 26 Patienten die größte Gruppe, gefolgt von Gruppe P mit 18 und schließlich Gruppe B mit 14 Patienten. Die Abbildung 15 veranschaulicht die relative Größe der drei Gruppen. Die Patienten mit plagioccephaler Komponente machen einen Anteil von insgesamt 75,86 % (n = 44) aus.

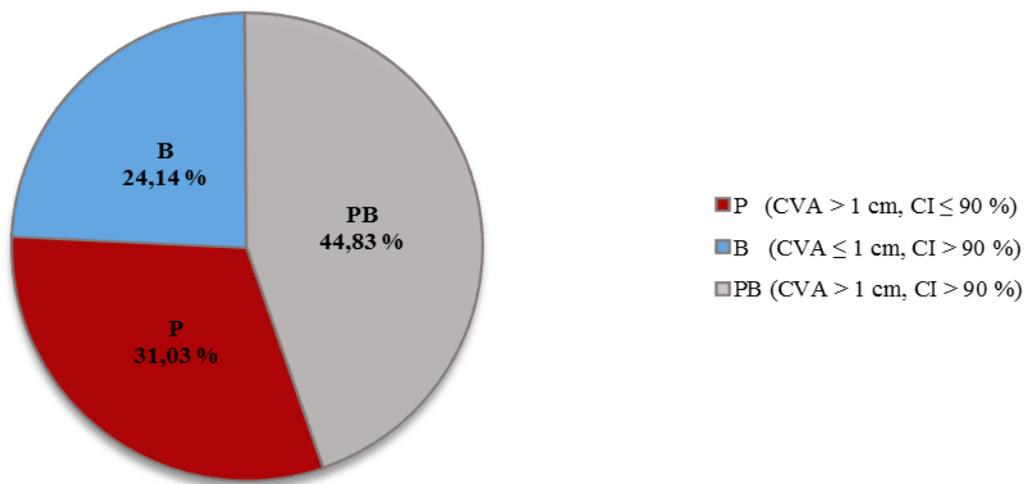


Abbildung 15

Relative Häufigkeit der Deformationstypen

3.2 Geschlechterverteilung

Insgesamt umfasst der Datensatz 37 (63,79 %) männliche und 21 (36,21 %) weibliche Patienten. In Abbildung 16 ist die absolute Geschlechterverteilung der Gesamtpopulation (Total) sowie der Diagnosegruppen dargestellt. Die Gruppe PB zeigt mit 69,23 % den größten männlichen Anteil, gefolgt von der brachycephalen (64,29 %) und plagiocephalen (55,55 %) Diagnosegruppe.

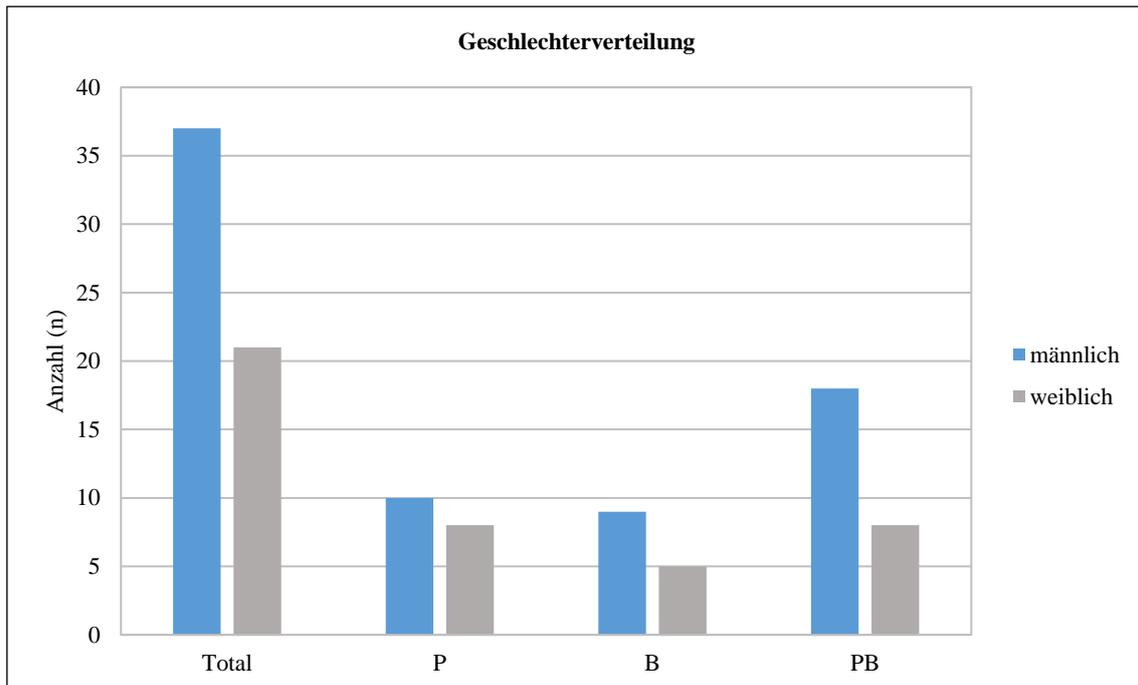


Abbildung 16

Absolute Häufigkeit der Geschlechterverteilung

3.3 Basisdaten zu Therapiebeginn

3.3.1 Risikofaktoren

In der Tabelle 3 sind die anamnestisch ermittelten Risikofaktoren für die Entwicklung einer lagebedingten Kopfdeformation für die Gesamtpopulation sowie gruppenspezifisch aufgeführt. Insgesamt waren 64,10 % der Patienten das erstgeborene Kind, in 24,56 % lag eine Zwillingsgeburt vor und 25,93 % aller in die Untersuchung einbezogenen Patienten kamen vor Vollendung der 37. Schwangerschaftswoche zur Welt und galten daher als Frühgeburten. Bei Betrachtung der Diagnosegruppen sind die genannten Risikofaktoren in der Gruppe P am stärksten ausgeprägt. Während in der Gruppe B 50,00 % und in Gruppe PB 66,67 % als erstgeborenes Kind galten, wurden in Gruppe P 71,43 % verzeichnet. Eine Zwillingsgeburt lag in Gruppe P in 47,06 % vor, gefolgt von Gruppe B (23,08 %) und von Gruppe PB (16,67 %). Während sich der größte Anteil der Frühgeburten in Gruppe P mit 41,18 % findet, beträgt er in Gruppe B 23,08 % und in Gruppe PB 16,67 %. In 15,39 % aller Fälle wurde eine Saugglocke unter der Geburt angewendet, wobei Patienten mit plagioccephaler Komponente häufiger betroffen sind als Patienten, bei denen eine isolierte Brachycephalie vorliegt. Den größten Anteil beschreibt hierbei die Gruppe PB mit 20,83 %, gefolgt von Gruppe P mit 12,50 % und Gruppe B mit 8,33 %.

Risikofaktoren	Total	P	B	PB
Erstgeborenes Kind	64,10	71,43	50,00	66,67
Zwillingsgeburt	24,56	47,06	21,43	11,54
Frühgeburt	25,93	41,18	23,08	16,67
Geburtsvorgang				
Spontangeburt	44,22	31,25	58,33	45,83
Kaiserschnitt	40,39	56,25	33,33	33,33
Saugglocke	15,39	12,50	8,33	20,83

Tabelle 3

Risikofaktoren in Prozent für die Entstehung einer lagebedingten Kopfdeformität

3.3.2 Alter bei Therapiebeginn

In die Studie eingeschlossen wurden Patienten, die bei der Helmanpassung mindestens 4,00 Lebensmonate, jedoch nicht mehr als 12,00 Monate alt waren. Abbildung 17 liefert einen Überblick über die Altersverteilung bei Therapiebeginn. Das Alter bei Therapiebeginn betrug für die Gesamtpopulation 7,11 Monate. Der jüngste Patient war 4,53 Monate alt, der älteste 11,37 Monate. Bei den plagiocephalen Patienten erfolgte die Helmanpassung im Mittel mit 6,99 Monaten am frühesten, während die plagio-brachycephalen Säuglinge im Alter von durchschnittlich 7,09 Monaten die Therapie begannen. Die Patienten mit einer brachycephalen Schädelverformung wiesen bei Behandlungsbeginn ein mittleres Alter von 7,30 Monaten auf.

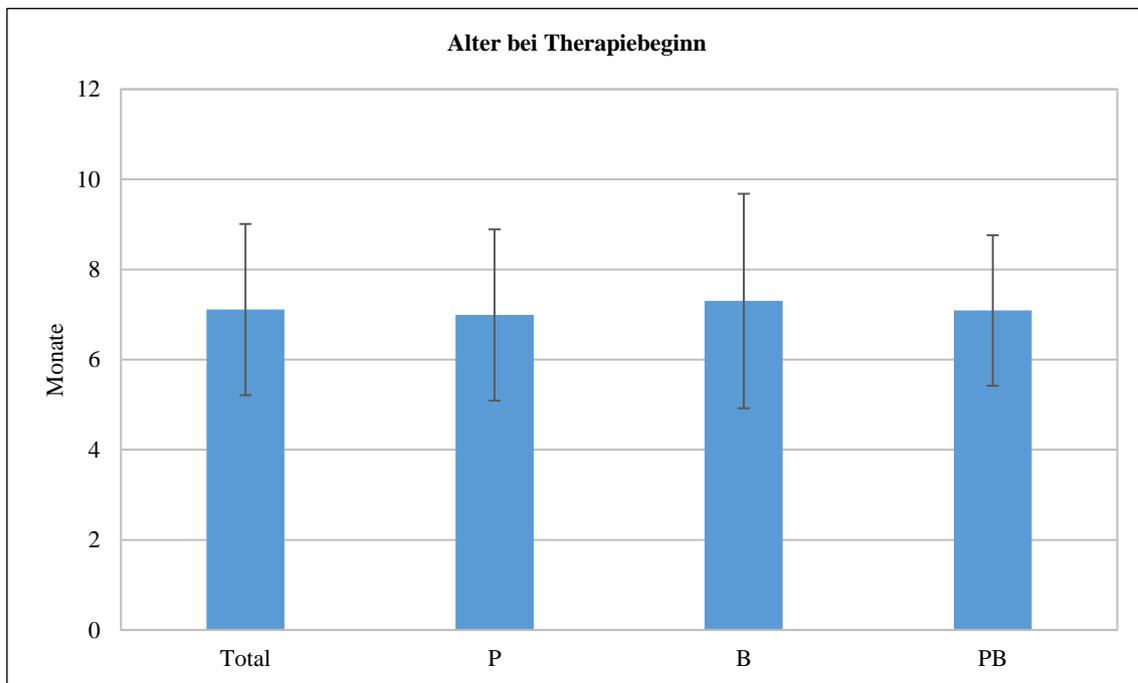


Abbildung 17

Mittelwerte des Alters bei Therapiebeginn in Monaten und Standardabweichung

3.3.3 Gruppenspezifische Kopfparameter zu Therapiebeginn

Tabelle 4 liefert einen Überblick hinsichtlich der Ausgangswerte der Kopfparameter CVA, CVAI und CI der Gesamtpopulation und in den jeweiligen Diagnosegruppen.

Gruppe	Anzahl	Kopfparameter	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Total	58	CVA	1,60	0,67	0,00	3,00
		CVAI	12,78	5,69	0,00	26,09
		CI	93,51	8,80	74,34	116,00
P	18	CVA	1,97	0,53	1,10	3,00
		CVAI	15,77	4,80	8,15	26,09
		CI	83,59	4,91	74,34	89,66
B	14	CVA	0,72	0,30	0,00	1,00
		CVAI	5,59	2,43	0,00	8,70
		CI	99,69	6,75	92,31	116,00
PB	26	CVA	1,81	0,46	1,10	3,00
		CVAI	14,59	4,04	8,46	24,00
		CI	97,04	5,60	91,18	109,02

Tabelle 4

Kopfparameter (KP) zu Therapiebeginn mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum (CVA in cm, CVAI und CI in Prozent)

3.3.4 Ausgangswerte der Kopfparameter CVA, CVAI und CI

Cranial Vault Asymmetry (CVA)

Die mittlere CVA der Gesamtpopulation beträgt 1,60 cm und ist in der Gruppe P mit einem Wert von 1,97 cm und in der Gruppe PB mit 1,81 cm am stärksten ausgeprägt. Der maximale Wert liegt in beiden Gruppen bei 3,00 cm. Der brachycephale Deformationstyp weist im Mittel mit 0,72 cm die niedrigste CVA auf (Abbildung 18).

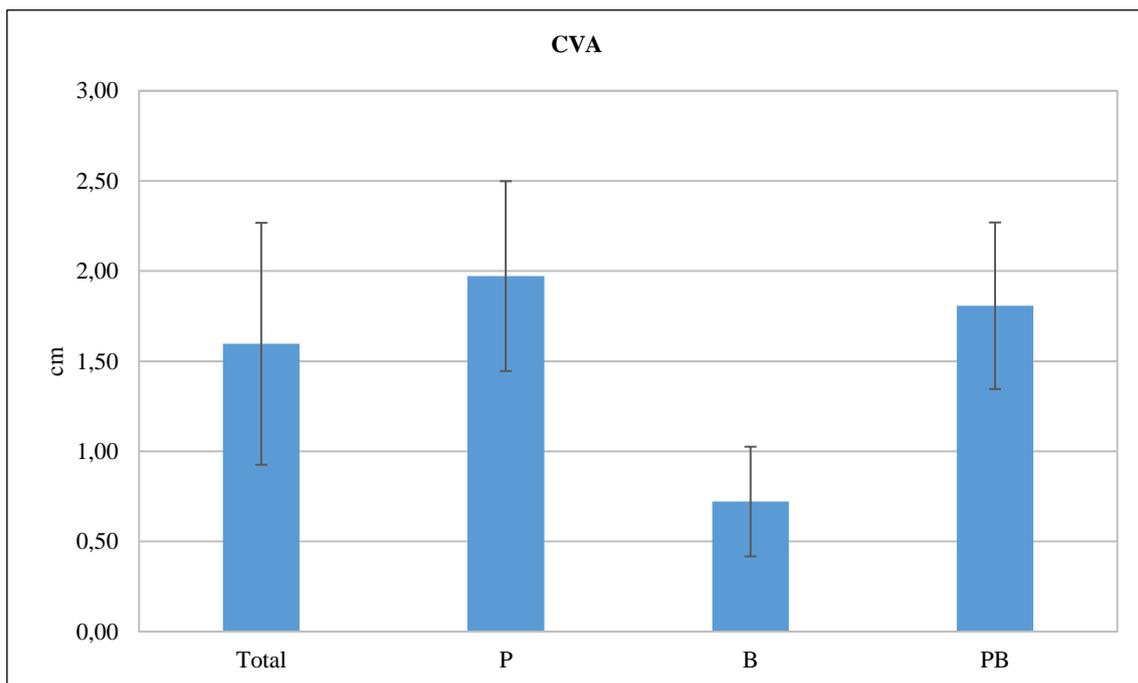


Abbildung 18

Mittelwerte für die CVA in cm mit Standardabweichung

Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI)

Analog des CVA-Werts zeigt die Gesamtpopulation einen mittleren CVAI von 12,78 %, während die Gruppe P mit durchschnittlich 15,77 % den höchsten CVAI-Wert aufweist, gefolgt von der Gruppe PB mit 14,59 % (Abbildung 19). Hierbei erreicht der Maximalwert in der Gruppe P 26,09 % und in der Gruppe PB 24,00 %. Die Gruppe B zeigt mit 5,59 % den geringsten CVAI mit einer Spanne von 0 % bis 8,70 %.

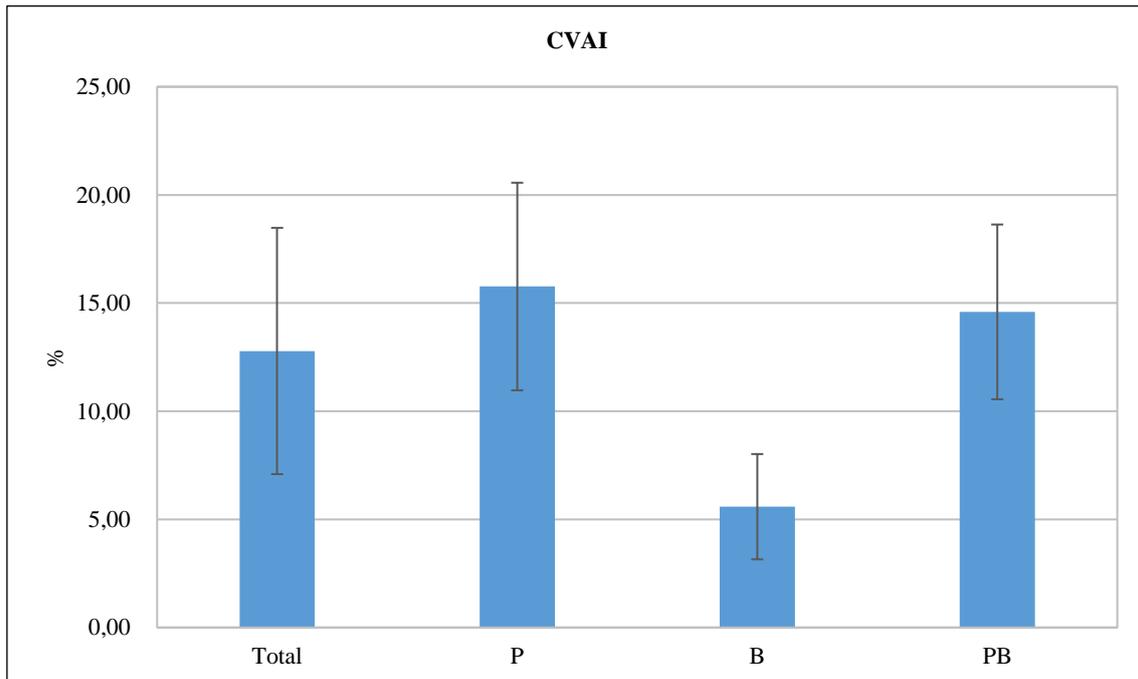


Abbildung 19

Mittelwerte für den CVAI in Prozent mit Standardabweichung

Cranial Index (CI)

Der CI der Gesamtpopulation weist im Mittel 93,51 % auf. Bei Betrachtung der Diagnosegruppen ist in der Gruppe B mit einem mittleren CI von 99,69 % die stärkste Ausprägung zu verzeichnen. Hierbei beträgt der Maximalwert 116,00 %. In der Gruppe PB liegt der CI-Wert bei durchschnittlich 97,04 % mit einem Maximum von 109,01 %. Der niedrigste CI wurde in der Gruppe P mit einem Durchschnittswert von 83,59 % festgestellt (Abbildung 20).

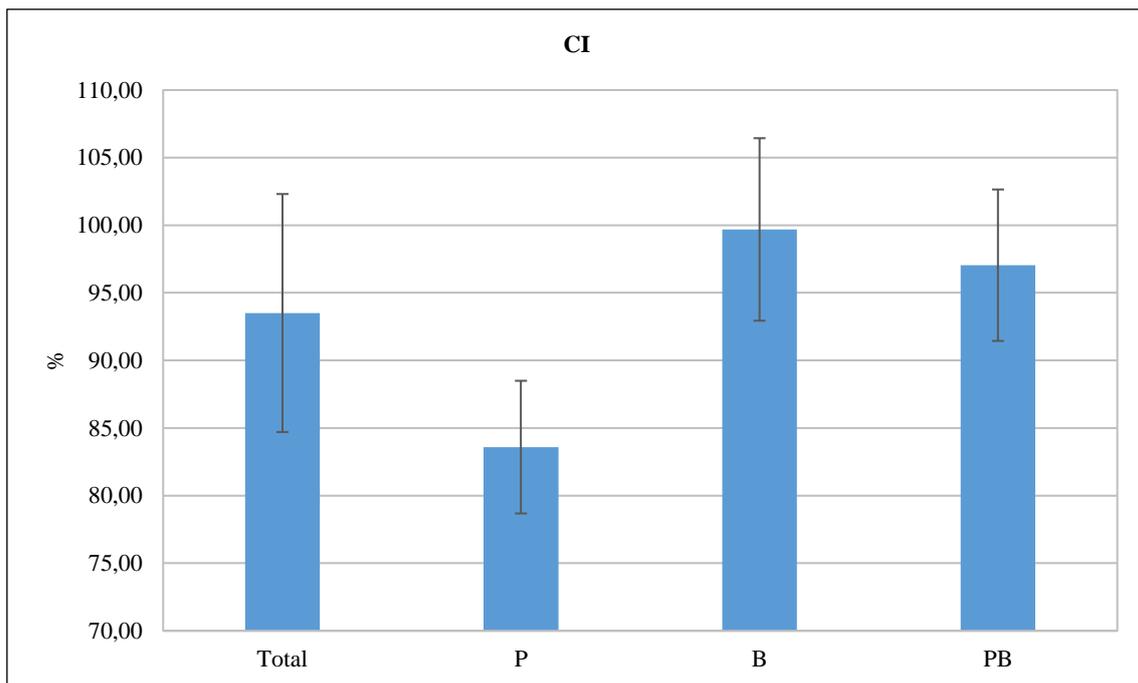


Abbildung 20

Mittelwerte für den CI in Prozent mit Standardabweichung

3.4 Behandlungsdauer

Im Folgenden wird die Behandlungsdauer dargestellt, die aus dem Zeitraum zwischen Therapiebeginn (T1) und Therapieabschluss (T2) berechnet wurde. Die mittlere Tragedauer der Kopforthese der Gesamtpopulation beträgt 6,17 Monate. In den Diagnosegruppen zeigt die Gruppe B mit einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von 5,68 Monaten die kürzeste Helmtragezeit, gefolgt von der Gruppe P mit 6,24 Monaten. Die Patienten mit einer plagiobrachycephalen Mischform haben die Kopforthese im Mittel mit 6,40 Monaten am längsten getragen, bis die Behandlung abgeschlossen werden konnte (Abbildung 21).

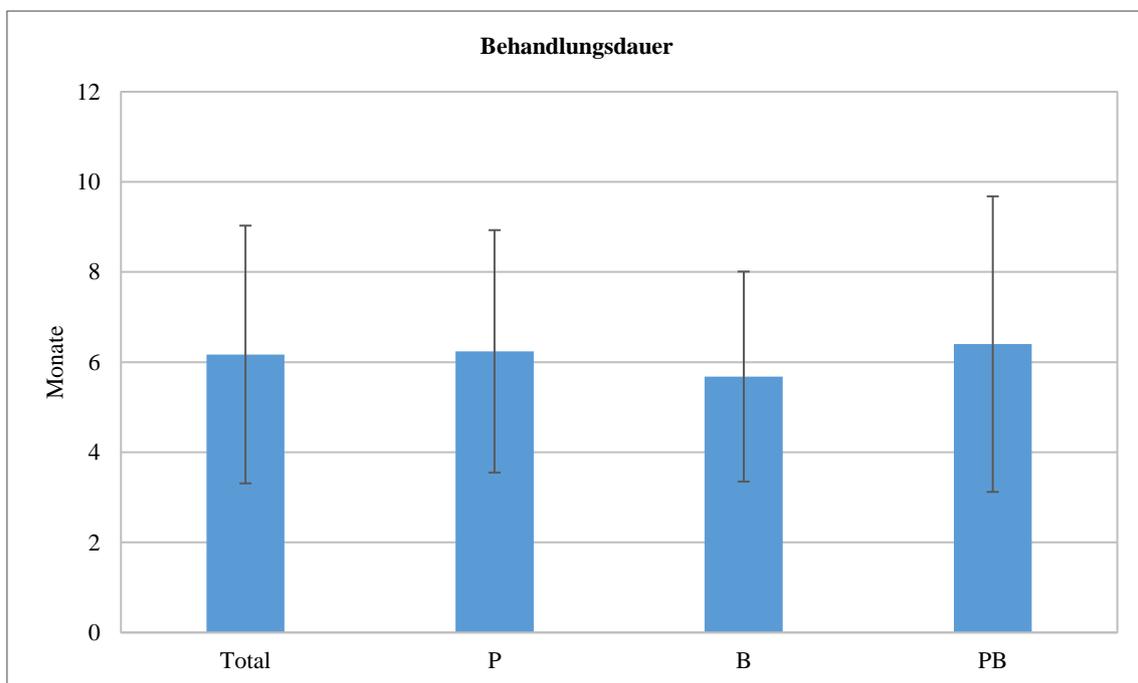


Abbildung 21

Mittelwerte der Behandlungsdauer in Monaten und Standardabweichung

3.5 Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung fand nach durchschnittlich 3,85 Jahren statt. Die Patienten wiesen ein mittleres Alter von 4,96 Jahren (SD=1,85) auf, wobei der jüngste Patient zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 2,09 Jahre, der älteste 7,79 Jahre alt war. In Gruppe P wurde die Nachuntersuchung im Mittel nach 3,50 Jahren durchgeführt, in Gruppe B nach 3,83 Jahren und schließlich in Gruppe PB nach 4,10 Jahren. Hierbei weist die Gruppe P das jüngste mittlere Alter von 4,61 Jahren auf, gefolgt von der Gruppe B (4,90 Jahre) und der Gruppe PB (5,23 Jahre). Abbildung 22 zeigt die zeitliche Differenz zwischen Therapieabschluss (T2) und Nachuntersuchung (T3) der Gesamtpopulation und in den Diagnosegruppen.

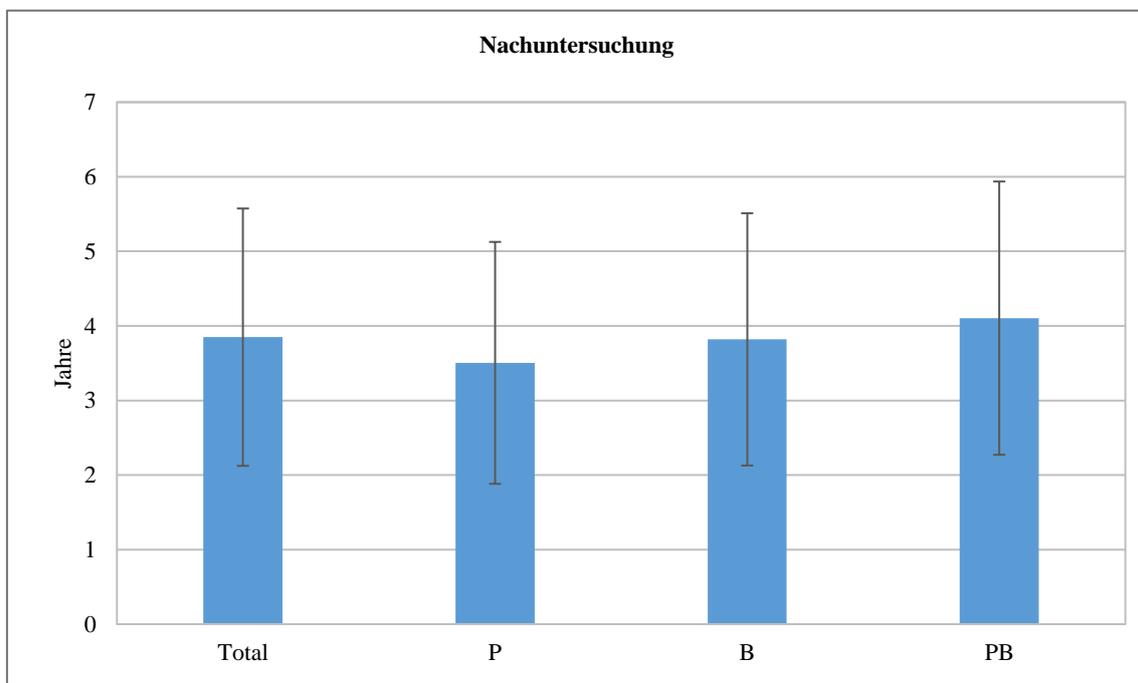


Abbildung 22

Mittelwerte für den Zeitraum zwischen Therapieabschluss (T2) und Nachuntersuchung (T3) in Jahren

3.6 Statistische Auswertung der Kopfparameter

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Helmtherapie sowie zur Beurteilung des Langzeitergebnisses wurde der entsprechende Kopfparameter zu T1 (Therapiebeginn), T2 (Therapieabschluss) und T3 (Nachuntersuchung) gruppenweise ermittelt und deskriptiv dargestellt. Die statistische Auswertung zur Entwicklung der Mittelwerte im Therapieverlauf erfolgte im Rahmen eines gepaarten t-Tests. Hierzu wurden die Datensätze zunächst auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) überprüft. Lag keine Normalverteilung vor ($p < 0,05$), fand statt des gepaarten t-Tests der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test Anwendung. Die signifikanten Ergebnisse mit $p < 0,05$ sind hellorange hinterlegt.

Um die Wirkung ausgewählter Variablen auf das Therapie- und Langzeitergebnis des jeweiligen Kopfparameters zu prüfen, erfolgte die Durchführung einer Regressionsanalyse des entsprechenden Datensatzes. Hierzu wurde als abhängige Variable der jeweilige Kopfparameter (CVA, CVAI, CI) nach der Therapie bzw. zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verwendet. Als Einflussfaktoren und somit unabhängige Variablen wurden das Alter bei Therapiebeginn (in Monaten), die Behandlungsdauer (in Monaten) und die Deformationsausprägung zu Therapiebeginn bzw. zu Therapieende ausgewählt. Bei vorliegender Signifikanz ($p < 0,05$) und einem Regressionskoeffizienten (B) größer Null hat die Erhöhung der unabhängigen Variablen einen positiven Effekt auf die abhängige Variable. Umgekehrt steht ein negativer Regressionskoeffizient (B) mit einer Abnahme der abhängigen Variablen in Korrelation. Die signifikanten Ergebnisse sind hellorange hervorgehoben.

3.6.1 Cranial Vault Asymmetry (CVA)

Die ermittelten mittleren CVA-Werte zu Therapiebeginn, Therapieabschluss und Nachuntersuchung können der Tabelle 5 entnommen werden. Die mittlere CVA zu Therapiebeginn wurde bereits in Kapitel 3.3.4 erläutert. Zum Therapieabschluss weist Gruppe PB mit 0,33 cm den höchsten mittleren CVA-Wert, gefolgt von der Gruppe P mit 0,31 cm auf. In beiden Gruppen liegt der Maximalwert bei 1,10 cm. Gruppe B verzeichnet mit durchschnittlich 0,08 cm die niedrigste CVA. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde in den Gruppen P und PB eine leichte Abnahme des CVA-Werts beobachtet, während in Gruppe B keine Veränderung der CVA im Vergleich zum Therapieabschluss besteht. Somit liegt das Langzeitergebnis in der Gruppe PB im Mittel bei 0,30 cm, in der Gruppe P bei 0,28 cm und in der Gruppe B bei 0,08 cm. In Abbildung 25 ist die Entwicklung der mittleren CVA während der Koporthesentherapie und nach Behandlungsabschluss bis zum Zeitpunkt der Nachkontrolle dargestellt.

Gruppe	Anzahl	T	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Total	58	T1	1,60	0,67	0,00	3,00
		T2	0,26	0,30	0,00	1,20
		T3	0,24	0,27	0,00	1,30
P	18	T1	1,97	0,53	1,10	3,00
		T2	0,31	0,30	0,00	1,20
		T3	0,28	0,32	0,00	1,30
B	14	T1	0,72	0,30	0,00	1,00
		T2	0,08	0,15	0,00	0,50
		T3	0,08	0,09	0,00	0,20
PB	26	T1	1,81	0,46	1,10	3,00
		T2	0,33	0,32	0,00	1,10
		T3	0,30	0,27	0,00	1,00

Tabelle 5

Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der CVA in cm zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

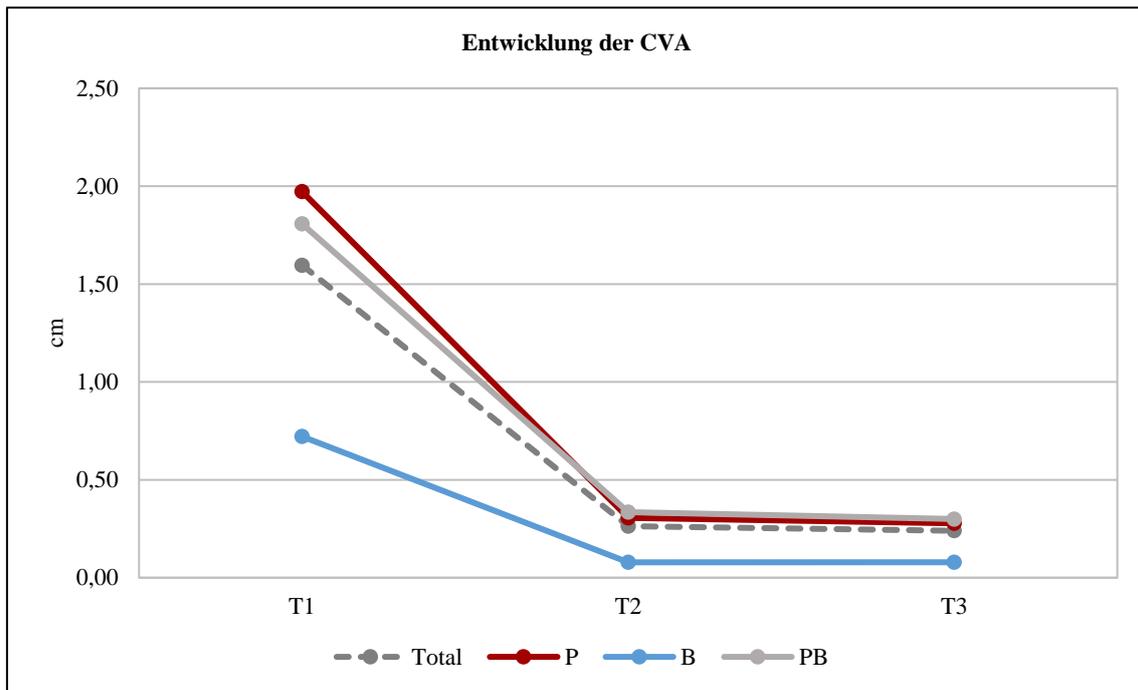


Abbildung 23

Entwicklung der mittleren CVA zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

Gepaarter t-Test

Im Rahmen des gepaarten t-Tests ist für die Gesamtpopulation sowie in allen drei Diagnosegruppen eine signifikante Abnahme des CVA-Werts zwischen Therapiebeginn (T1) und Therapieabschluss (T2) festzustellen (Tabelle 6). Die größte Reduktion ist in der Gruppe P mit 1,67 cm zu verzeichnen. In der Gruppe PB verringerte sich die CVA um 1,47 cm, während in der Gruppe B die geringste Reduktion mit durchschnittlich 0,64 cm vorliegt.

Gruppe	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	T	df	p
Total	1,33	0,58	0,00	2,90	17,56	57,00	< 0,001
P	1,67	0,60	0,40	2,90	11,79	17,00	< 0,001
B	0,64	0,30	0,00	1,00	8,07	13,00	< 0,001
PB	1,47	0,32	0,70	2,20	23,33	25,00	< 0,001

Tabelle 6

Mittlere Veränderung der CVA in cm von T1 zu T2, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$

Im Zeitintervall von Therapieabschluss (T2) und Nachuntersuchung (T3) zeigen sich in der Gesamtpopulation sowie in allen drei Diagnosegruppen keine signifikanten Veränderungen (Tabelle 7). Bei Betrachtung der Diagnosegruppen verringert sich die CVA in Gruppe P mit 0,03 cm ($p = 0,51$) und in der Gruppe PB um 0,03 cm ($p = 0,36$) weiter. In der Gruppe B zeigt sich im Mittel keine mittlere Verbesserung des CVA-Werts, sodass dieser zu T2 und T3 gleichbleibend den Wert 0,08 aufweist ($p = 1,00$).

Gruppe	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	T	df	p
Total	0,02	0,17	-0,40	0,40	1,09	57,00	0,28
P	0,03	0,17	-0,30	0,40	0,68	17,00	0,51
B	0,00	0,12	-0,20	0,30	0,00	13,00	1,00
PB	0,03	0,19	-0,40	0,40	0,93*	25,00*	0,36*

Tabelle 7

Mittlere Veränderung der CVA in cm von T2 zu T3, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests bzw. des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (*), Signifikanzniveau: $p < 0,05$

Regressionsanalyse

Im Folgenden sind die Ergebnisse der multiplen linearen Regression dargestellt. Nach den in der Tabelle 8 aufgeführten Ergebnissen ist ein jüngeres Alter bei Therapiebeginn mit einer niedrigeren CVA bei Therapieabschluss korreliert ($p < 0,05$). Außerdem zeigt eine höhere initiale Deformitätsausprägung eine stärkere Verbesserung der CVA im Therapieverlauf. Die Behandlungsdauer hat hingegen keinen signifikanten Einfluss auf den CVA-Wert bei Behandlungsabschluss.

Parameter	B	p-Wert
Behandlungsdauer (Monate)	-0,08	0,56
Alter bei Behandlungsbeginn (Monate)	0,32	0,02
CVA Ausgangswert (cm)	0,50	< 0,001

Modellzusammenfassung: $R^2(\text{korrigiert}) = 0,31$; $F = 9,51$; $p\text{-Wert}(F) < 0,001$

Tabelle 8

Einflussparameter auf die CVA der Gesamtpopulation bei Therapieabschluss, Signifikanzniveau: $p < 0,05$

Die endgültige CVA wird durch das Ergebnis zu Therapieabschluss signifikant beeinflusst. Demzufolge sind höhere CVA-Werte zu Behandlungsabschluss mit einem stärkeren Reduktionswert im Zeitintervall bis zur Nachuntersuchung korreliert

($p < 0,001$). Dies geschieht unabhängig vom Alter bei Therapiebeginn oder von der Behandlungsdauer (Tabelle 9).

Parameter	B	p-Wert
Behandlungsdauer (Monate)	0,05	0,57
Alter bei Behandlungsbeginn (Monate)	-0,06	0,54
CVA Therapieabschluss (cm)	0,84	< 0,001

Modellzusammenfassung: $R^2(\text{korrigiert}) = 0,67$; $F = 39,79$; p-Wert (F) < 0,001

Tabelle 9

Einflussparameter auf die CVA der Gesamtpopulation bei der Nachuntersuchung, Signifikanzniveau: $p < 0,05$

3.6.2 Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI)

Der anfängliche mittlere CVAI wurde bereits in Kapitel 3.3.4 erläutert. Bei Helmabnahme zeigen sich in den Diagnosegruppen analog zum CVA-Wert die höchsten Werte in den Gruppen PB (2,36 %) und P (2,09%) (Tabelle 10). Den niedrigsten CVAI weist die Gruppe B mit 0,55 % auf. Im Rahmen der Nachkontrolle konnte in allen Diagnosegruppen eine leichte Abnahme des mittleren CVAI festgestellt werden. Dieser beträgt in Gruppe PB letztlich 1,91 %, in Gruppe P 1,74 % und in Gruppe B 0,54 %. In Abbildung 24 ist die Entwicklung des CVAI im Therapieverlauf und nach Therapieabschluss dargestellt.

Gruppe	Anzahl	T	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Total	58	T1	12,78	5,69	0,00	26,09
		T2	1,84	2,10	0,00	8,28
		T3	1,52	1,70	0,00	8,28
P	18	T1	15,77	4,80	8,15	26,09
		T2	2,09	2,07	0,00	8,28
		T3	1,74	2,03	0,00	8,28
B	14	T1	5,59	2,43	0,00	8,70
		T2	0,55	1,08	0,00	3,60
		T3	0,54	0,56	0,00	1,35
PB	26	T1	14,59	4,04	8,46	24,00
		T2	2,36	2,30	0,00	8,16
		T3	1,91	1,71	0,00	6,67

Tabelle 10

Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum des CVAI in Prozent zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

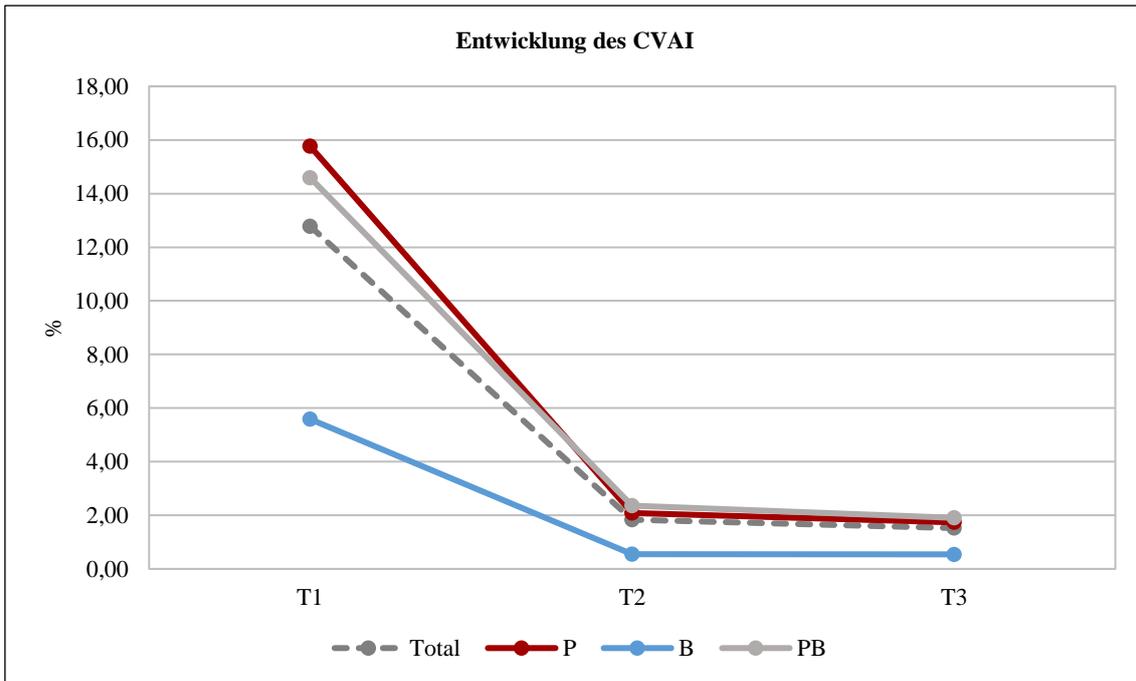


Abbildung 24

Entwicklung des mittleren CVAI zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

Gepaarter t-Test

Ein gleichartiger Verlauf, analog zur CVA, lässt sich bei der Entwicklung des CVAI beobachten. Somit liegt für die Gesamtpopulation sowie in den Gruppen P, PB und B eine signifikante Abnahme des CVAI-Werts vor. In der Gruppe P sinkt der CVAI im Mittel um 13,67 %, gefolgt von der Gruppe PB (12,24 %). Die geringste Abnahme liegt in der Gruppe B mit 5,04 % vor (Tabelle 11).

Gruppe	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	T	df	p
Total	10,94	5,00	0,00	25,41	16,67	57,00	< 0,001
P	13,67	5,38	3,07	25,41	10,78	17,00	< 0,001
B	5,04	2,38	0,00	8,70	7,93	13,00	< 0,001
PB	12,24	2,78	5,94	19,05	22,42	25,00	< 0,001

Tabelle 11

Mittlere Veränderung des CVAI in Prozent von T1 zu T2, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$

Nach Abschluss der Helmtherapie ist mit einer minimalen, nicht signifikanten Abnahme des CVAI-Werts der Gesamtpopulation in den Gruppen P und PB zu rechnen. Bei Betrachtung der Diagnosegruppen verringerte sich der CVAI-Wert in der Gruppe P um 0,35 % ($p = 0,21$), in der Gruppe PB um 0,45 % ($p = 0,12$). In der Gruppe B war ein nahezu gleichbleibender CVAI mit 0,55 % (T2) und 0,54 % (T3) mit einer Abnahme von 0,01 % festzustellen. Letztlich liegt der Wert des CVAI zum Zeitpunkt von T3 in allen drei Gruppen unter 2,00 % (Tabelle 12).

Gruppe	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	T	df	p
Total	0,31	1,23	-2,58	3,29	1,94	57,00	0,06
P	0,35	1,15	-1,93	2,70	1,31	17,00	0,21
B	0,01	0,91	-1,35	2,29	0,03	13,00	0,98
PB	0,45	1,44	-2,58	3,29	1,60	25,00	0,12

Tabelle 12

Mittlere Veränderung des CVAI in Prozent von T2 zu T3, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$

Regressionsanalyse

Analog zu den Werten der CVA lassen sich die Werte des CVAI ableiten. Im Rahmen der Regressionsanalyse hat auch hier ein jüngeres Alter sowie ein höherer CVAI-Wert bei Therapiebeginn einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis bei Therapieabschluss (Tabelle 13).

Parameter	B	p-Wert
Behandlungsdauer (Monate)	-0,08	0,55
Alter bei Behandlungsbeginn (Monate)	0,33	0,02
CVAI Ausgangswert (%)	0,49	<0,001

Modellzusammenfassung: R^2 (korrigiert) = 0,29; $F = 8,86$; p-Wert (F) < 0,001

Tabelle 13

Einflussparameter auf den CVAI der Gesamtpopulation bei Therapieabschluss

Äquivalent zum Langzeitergebnis der CVA wird das Langzeitergebnis des CVAI ebenfalls signifikant durch das Ergebnis zu Therapieabschluss bestimmt. Somit ist die Verbesserung der Kopfform nach Helmabnahme umso größer, je ausgeprägter die Deformität zu Behandlungsabschluss war. Das Alter bei Behandlungsbeginn und die Behandlungsdauer haben keinen signifikanten Einfluss auf das Langzeitergebnis (Tabelle 14).

Parameter	B	p-Wert
Behandlungsdauer (Monate)	0,04	0,71
Alter bei Behandlungsbeginn (Monate)	-0,01	0,91
CVAI Therapieabschluss (%)	0,81	<0,001

Modellzusammenfassung: R^2 (korrigiert) = 0,64; F = 34,56; p-Wert (F) < 0,001

Tabelle 14

Einflussparameter auf den CVAI der Gesamtpopulation bei der Nachuntersuchung

3.6.3 Cranial Index (CI)

Die initialen mittleren CI-Werte wurden bereits in Kapitel 3.3.4 beschrieben. Im Diagnosegruppenvergleich weist der CI in der Gruppe B zu Behandlungsabschluss mit einem mittleren CI von 92,33 % weiterhin die stärkste Ausprägung auf (Tabelle 15). Hierbei beträgt der Maximalwert 100,00 %. Während der CI-Wert in der Gruppe PB im Mittel bei 90,12 % mit einem Maximum von 97,70 % liegt, kann der geringste CI in der Gruppe P verzeichnet werden (82,64 %). Der Langzeitwert für den CI liegt für die Gesamtpopulation sowie in allen Diagnosegruppen im Mittel unter 90,00 %. In Gruppe B lässt sich mit im Mittel 88,03 % der höchste endgültige CI beobachten mit einem Maximalwert von 95,54 %. Gruppe PB misst hingegen durchschnittlich 86,65 % sowie maximal 92,47 %, während die Gruppe P mit einem mittleren CI-Wert von 81,50 % und einem Maximum von 87,50 % den niedrigsten Wert aufweist. Die diagnosegruppenspezifische Entwicklung des CI ist in Abbildung 25 verdeutlicht.

Gruppe	Anzahl	T	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Total	58	T1	93,51	8,80	74,34	116,00
		T2	88,33	5,57	72,73	100,00
		T3	85,38	4,43	75,84	95,54
P	18	T1	83,59	4,91	74,34	89,66
		T2	82,64	4,44	72,73	89,29
		T3	81,50	3,65	75,84	87,50
B	14	T1	99,69	6,75	92,31	116,00
		T2	92,33	4,08	87,74	100,00
		T3	88,03	3,86	82,35	95,54
PB	26	T1	97,04	5,60	91,18	109,02
		T2	90,12	3,60	83,55	97,90
		T3	86,65	3,38	80,00	92,47

Tabelle 15

Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum des CI in Prozent zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

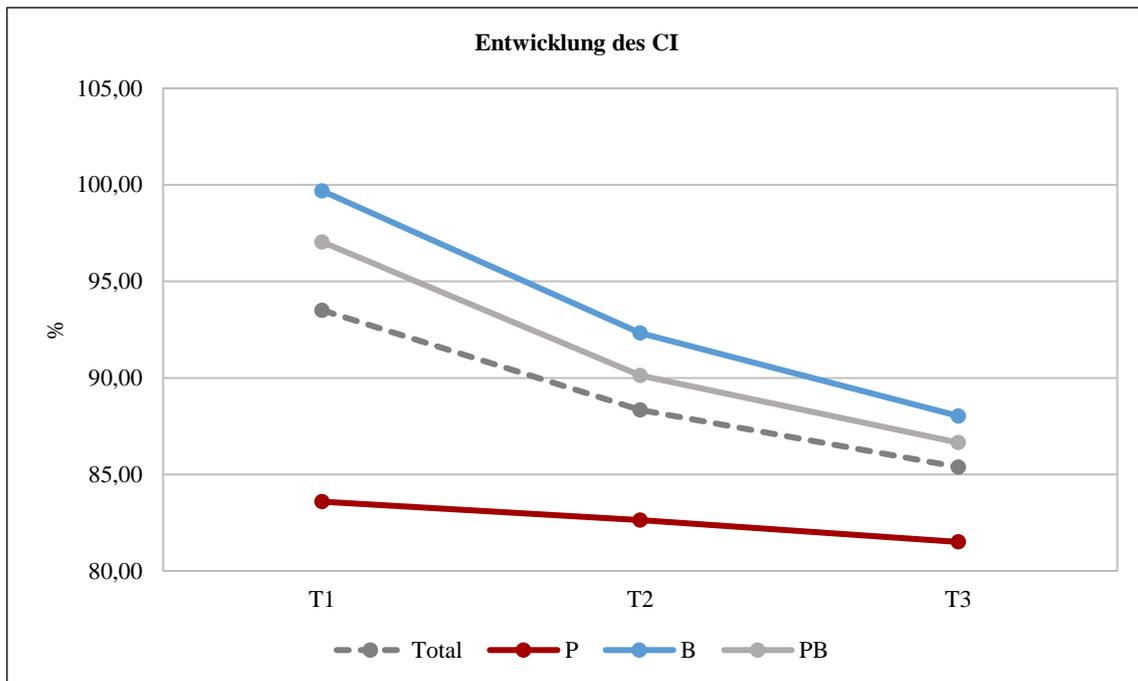


Abbildung 25

Entwicklung des mittleren CI zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

Gepaarter t-Test

Zur statistischen Berechnung der Entwicklung des CI im Diagnosegruppenvergleich wurde auch hier ein gepaarter t-Test durchgeführt. Der CI nimmt während der Helmtherapie in den Gruppen B und PB signifikant ab. Hierbei war in der Gruppe B die Reduktion um 7,36 % höher als in der Gruppe PB mit 6,93 %. Im Gegensatz dazu konnte in der Gruppe P im Therapieverlauf lediglich eine leichte nicht signifikante Abnahme des CI-Werts von 0,95 % verzeichnet werden (Tabelle 16).

Gruppe	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	T	df	p
Total	5,17	5,58	-6,68	17,29	7,06	57,00	< 0,001
P	0,95	4,29	-6,68	10,61	0,94	17,00	0,36
B	7,36	4,60	-0,95	16,00	5,99	13,00	< 0,001
PB	6,93	5,36	-5,53	17,29	6,58	25,00	< 0,001

Tabelle 16

Mittlere Veränderung des CI in Prozent von T1 zu T2, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$

Im Zeitraum zwischen Therapieabschluss und Nachkontrolle ist in allen drei Diagnosegruppen eine Verringerung des CI-Werts zu beobachten. In den Gruppen B und PB nimmt dieser nach Helmabnahme weiterhin signifikant ab ($p < 0,001$). Gruppe B zeigt

mit 4,30 % die stärkste mittlere Abnahme, gefolgt von der Gruppe PB (3,47 %). In Gruppe P ist hingegen eine nicht signifikante Verringerung des CI von 1,14 % ($p = 0,16$) festzustellen (Tabelle 17).

Gruppe	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum	T	df	p
Total	2,95	3,72	-3,71	15,63	6,03	57,00	< 0,001
P	1,14	3,28	-3,71	7,47	1,47	17,00	0,16
B	4,30	3,42	0,22	11,20	4,71	13,00	< 0,001
PB	3,47	3,81	-2,12	15,63	4,65	25,00	< 0,001

Tabelle 17

Mittlere Veränderung des CI in Prozent von T2 zu T3, Standardabweichung, Minimum und Maximum, sowie Ergebnisse des gepaarten t-Test, Signifikanzniveau: $p < 0,05$

Regressionsanalyse

Ein höherer Verformungsgrad bei Therapiebeginn konnte wie bei den zuvor genannten Kopfparametern im Rahmen der Regressionsanalyse als signifikanter Einflussfaktor auf den CI-Wert bei Behandlungsabschluss identifiziert werden (Tabelle 18). Das Alter bei Therapiebeginn sowie die Behandlungsdauer erzeugten hingegen keine signifikante Verbesserung des Therapieergebnisses.

Parameter	B	p-Wert
Behandlungsdauer (Monate)	-0,11	0,25
Alter bei Behandlungsbeginn (Monate)	-0,01	0,88
CI Ausgangswert (%)	0,81	<0,001

Modellzusammenfassung: $R^2(\text{korrigiert}) = 0,62$; $F = 31,58$; $p\text{-Wert}(F) < 0,001$

Tabelle 18

Einflussparameter auf den CI der Gesamtpopulation bei Therapieabschluss

Während das Alter bei Behandlungsbeginn sowie die Behandlungsdauer keinen signifikanten Einflussfaktor auf das Langzeitergebnis darstellen, kann insbesondere bei einem erhöhten CI zu Therapieabschluss mehr Reduktion erfolgen als bei niedrigeren Verformungswerten (Tabelle 19).

Parameter	B	p-Wert
Behandlungsdauer (Monate)	0,12	0,26
Alter bei Behandlungsbeginn (Monate)	0,08	0,43
CI Therapieabschluss (%)	0,74	<0,001

Modellzusammenfassung: $R^2(\text{korrigiert}) = 0,56$; $F = 25,51$; p-Wert (F) < 0,001

Tabelle 19

Einflussparameter auf den CI der Gesamtpopulation bei der Nachuntersuchung

3.7 Diagnosegruppen im Vergleich

Plagiocephalus (P)

Der Gruppe P konnten insgesamt 18 Patienten zugeordnet werden. Davon waren 8 weiblichen (44,44 %) und 10 männlichen (55,56 %) Geschlechts. Der Behandlungsbeginn erfolgte mit einem Durchschnittsalter von 6,99 Monaten früher als in den Gruppen PB und B. Der initiale CVA- sowie CVAI-Wert misst mit 1,97 cm bzw. 15,77 % im Gruppenvergleich die stärkste Ausprägung, wohingegen der CI-Wert mit 83,59 % am niedrigsten ausfällt. Die Entwicklung des mittleren CVAI und CI für die Gruppe P ist in der nachfolgenden Abbildung 26 dargestellt. Ergänzend dazu veranschaulicht

Abbildung 27 beispielhaft die klinische Entwicklung der Kopfform in der Gruppe P.

Während der mittleren Helmtragezeit von 5,72 Monaten zeigt sich eine signifikante Abnahme des CVA und CVAI-Werts ($p < 0,001$) mit der höchsten mittleren Verbesserung um 1,67 cm bzw. 13,67 % im Gruppenvergleich. Nach Helmabnahme sinken CVA ($p = 0,51$) und CVAI ($p = 0,21$) leicht, aber nicht signifikant. Der CI-Wert, der bei Therapiebeginn bereits unter 85 % liegt, reduzierte sich bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ohne Signifikanz ($p = 0,16$).

Das Langzeitergebnis wurde nach 3,06 Jahren und einem durchschnittlichen Patientenalter von 4,11 Jahren ermittelt. Hierbei liegt die endgültige CVA bei 0,28 cm, der CVAI bei 1,74 % und der CI bei 81,50 %.

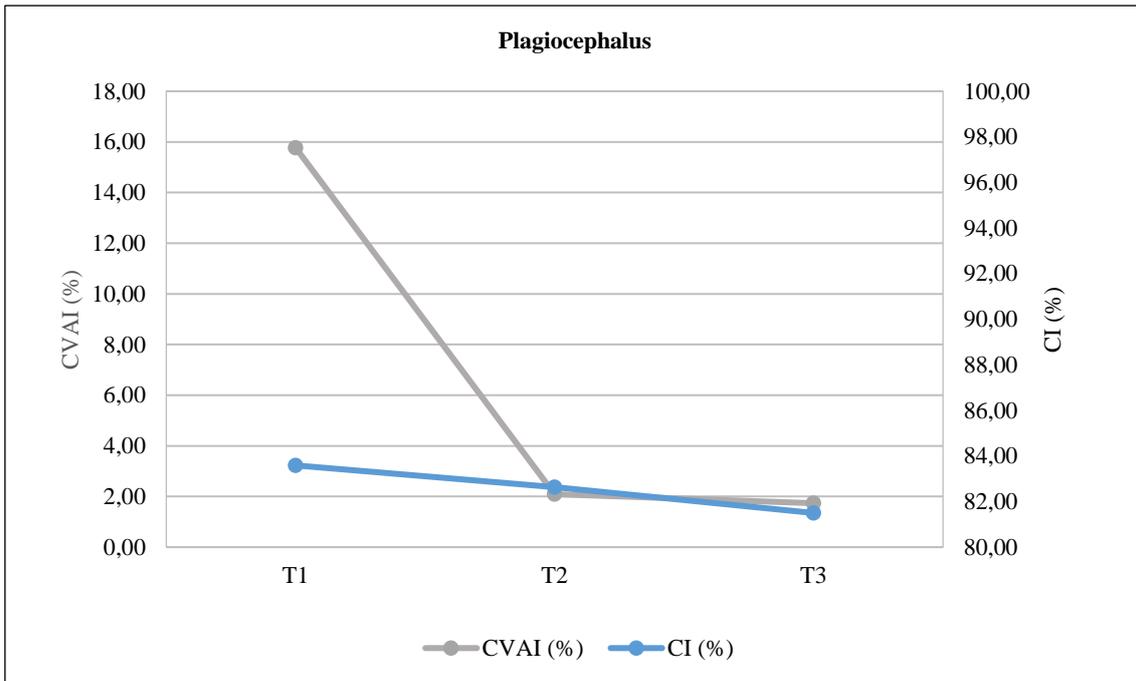


Abbildung 26

Entwicklung des mittleren CVAI und CI in der Gruppe P zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

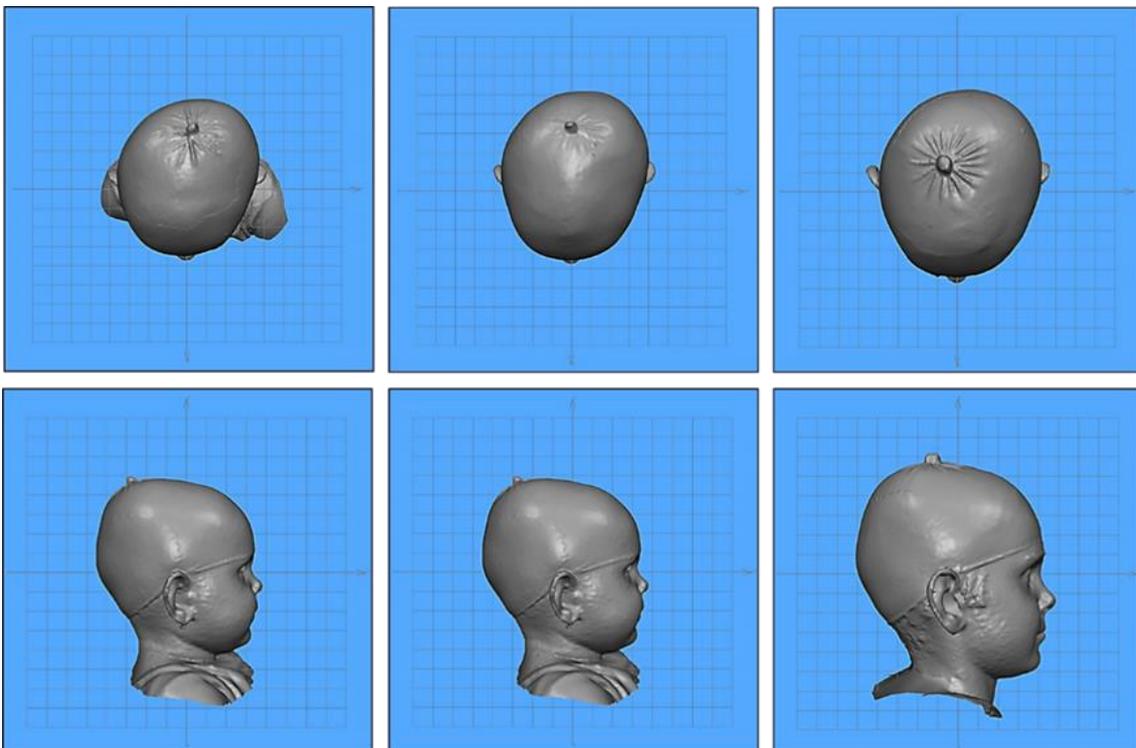


Abbildung 27

Klinisches Erscheinungsbild für einen Patienten der Gruppe P aus kranialer (oben) und lateraler Ansicht (unten) zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

Brachycephalus (B)

Die Gruppe der isolierten Brachycephalie weist 14 Patienten auf, davon 9 (64,29 %) männlichen und 5 (35,74 %) weiblichen Geschlechts. Mit 24,14 % stellt die Gruppe B den geringsten Anteil im Gruppenvergleich dar. Das mittlere Alter bei Therapiebeginn liegt mit 7,30 Monaten höher als in Gruppe P und PB. Der CI zu Therapiebeginn verzeichnet mit im Mittel 99,69 % den höchsten Wert. Mittelwerte für die CVA und den CVAI zeigen im Diagnosegruppenvergleich mit 0,72 cm bzw. 5,59 % die geringste Ausprägung.

Gruppe B trägt die Kopforthese mit einer mittleren Tragedauer von 5,68 Monaten am kürzesten. Bei Therapieabschluss beträgt die signifikante mittlere CI-Abnahme im Mittel den höchsten Wert mit 7,36 % ($p < 0,001$). Der CVA sowie CVAI-Wert reduzieren sich ebenfalls signifikant, jedoch mit der geringsten Differenz im Gruppenvergleich. Nach Helmabnahme verbessert sich der CI-Wert weiter signifikant um 4,30 % ($p < 0,001$), während der CVA- und der CVAI-Wert Konstanz aufweisen. Die Nachkontrolle wurde nach durchschnittlich 3,82 Jahren und einem mittleren Patientenalter von 4,90 Jahren durchgeführt. Das Langzeitergebnis weist einen mittleren CVA von 0,08 cm, einen CVAI von 0,54 % sowie einen CI von 88,03 % auf. Die Abbildung 28 sowie die Abbildung 29 veranschaulichen die Entwicklung der Kopfparameter sowie das charakteristische klinische Erscheinungsbild eines Patienten der Gruppe B zu Therapiebeginn, -abschluss sowie zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

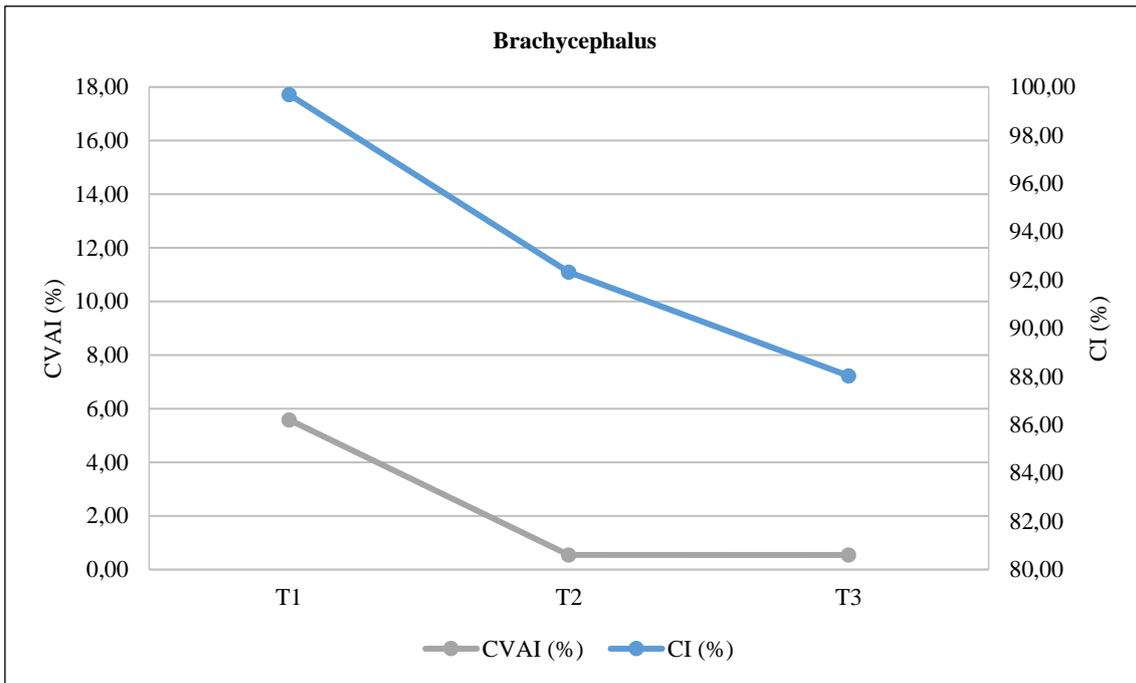


Abbildung 28

Entwicklung des mittleren CVAI und CI in der Gruppe B zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

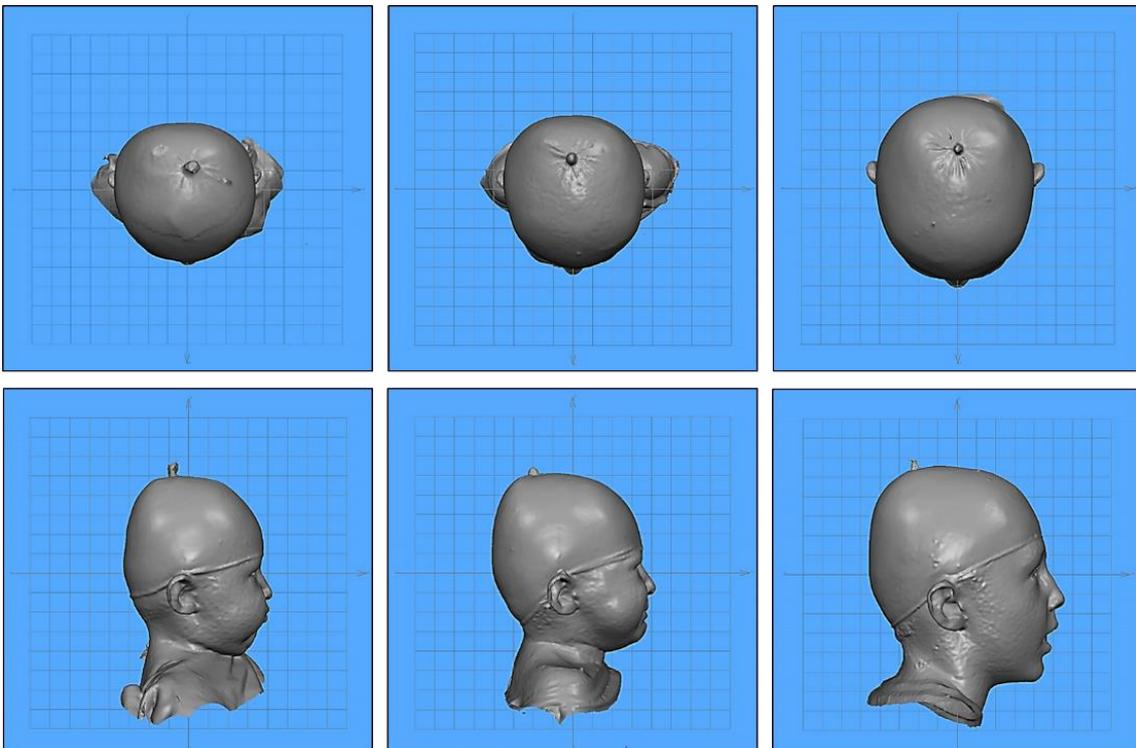


Abbildung 29

Klinisches Erscheinungsbild für einen Patienten der Gruppe B aus kranialer (oben) und lateraler Ansicht (unten) zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

Plagiobrachycephalus (PB)

Die Gruppe der plagiobrachycephalen Mischform stellt mit 26 Patienten und einem Gesamtanteil von 44,83 % die größte Diagnosegruppe dar. Die Geschlechterverteilung liegt bei 18 männlichen (69,23 %) und 8 (30,77 %) weiblichen Patienten. Die Therapie wurde früher als in der Gruppe B und etwas später als in Gruppe P mit durchschnittlich 7,09 Lebensmonaten begonnen. Die mittleren Ausgangswerte zur Beurteilung der Asymmetrie liegen mit einer CVA von 1,81 cm und einem CVAI von 14,59 % unter denen der Gruppe P. Der CI-Wert fällt mit initial 97,04 % etwas geringer als in der Gruppe B aus. In Abbildung 30 ist die Entwicklung des mittleren CVAI und CI dargestellt.

Im Gruppenvergleich wurde der Therapiehelm im Mittel mit 6,40 Monaten am längsten getragen. Zu Therapieabschluss ist eine signifikante Reduktion der CVA um 1,47 cm ($p < 0,001$), des CVAI um 12,24 % ($p < 0,001$) und CI-Werts 6,93 % zu verzeichnen ($p < 0,001$). Während die CVA und der CVAI bis zur Nachkontrolle nur eine geringe, nicht signifikante Abnahme aufweist, verbessert sich der CI-Wert signifikant um weitere 3,47 % ($p < 0,001$).

Die Nachuntersuchung wurde im Mittel nach 4,10 Jahren und einem Patientenalter von 5,23 Jahren durchgeführt. Das Langzeitergebnis liegt bei einer CVA von 0,30 cm, einem CVAI von 1,91 % sowie einem CI von 86,65 %. In Abbildung 31 ist ein exemplarisches Patientenbeispiel der Gruppe PB dargestellt.

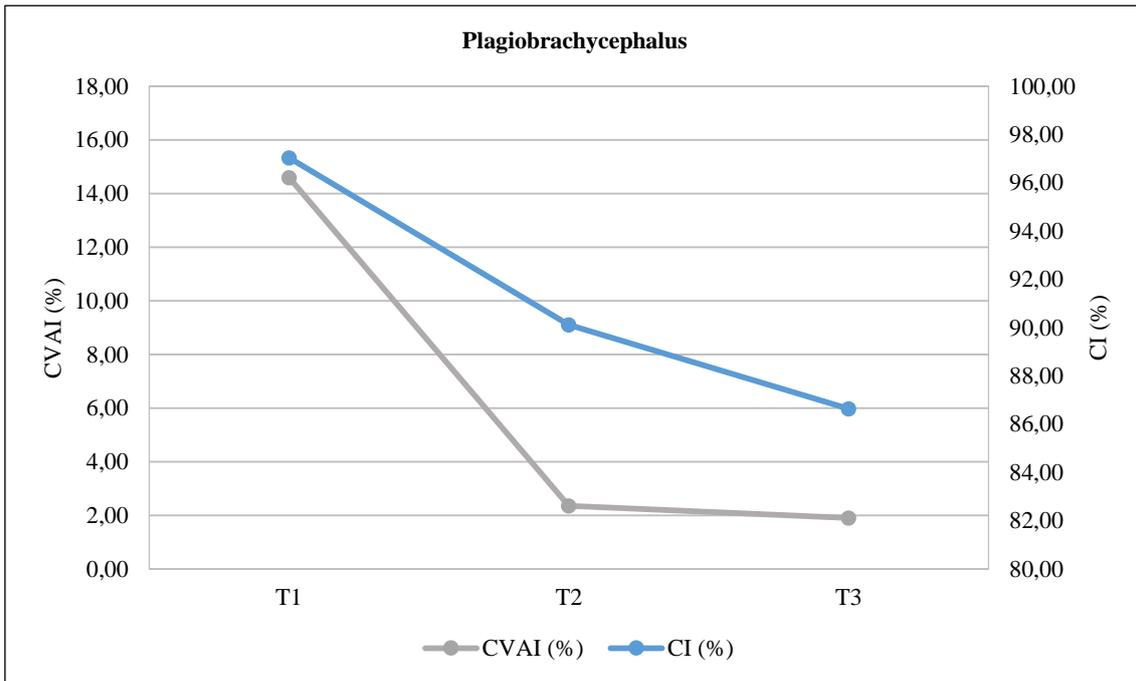


Abbildung 30

Entwicklung des mittleren CVAI und CI in der Gruppe PB zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

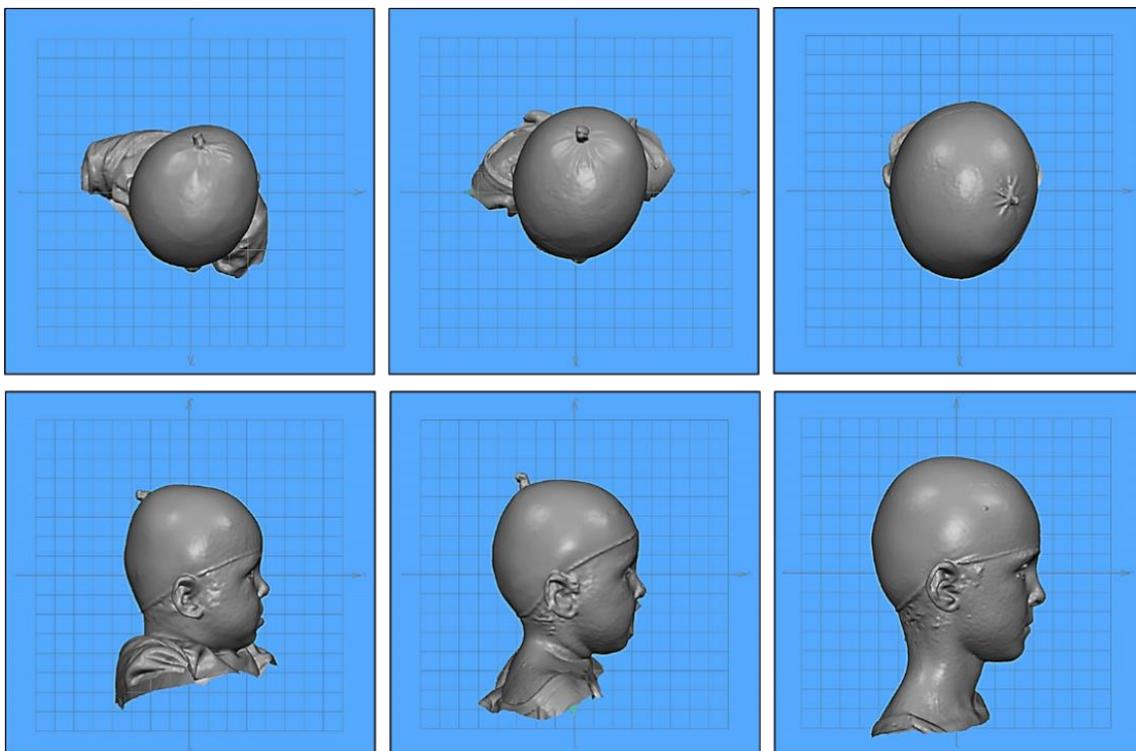


Abbildung 31

Klinisches Erscheinungsbild für einen Patienten der Gruppe PB aus kranialer (oben) und lateraler Ansicht (unten) zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)

3.8 Elternzufriedenheit

Das subjektive Empfinden des Langzeitergebnisses sowie rückblickende emotionale Erfahrungen während der Therapiedurchführung wurden mittels eines Fragebogens zur Elternzufriedenheit im Rahmen der Nachuntersuchung erfasst und ausgewertet. Hierbei sorgten sich 84,48 % nicht mehr bezüglich der aktuellen Kopfform ihres Kindes, 10,35 % gaben minimale Bedenken, 5,17 % große Bedenken an. 68,97 % aller Eltern empfanden die Kopfform ihres Kindes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung als normal, 27,59 % als etwas unnormale und 3,45 % als sehr unnormale. Hänseleien aufgrund einer unnormalen Kopfform konnten bei keinem Kind beobachtet werden. Auch empfand keines der Kinder den eigenen Kopf als verformt. Letztlich wurden die Eltern von 5 (8,62 %) Kindern von einer außenstehenden Person auf die aktuelle Kopfform ihres Kindes im letzten Jahr angesprochen. 32,76 % der Eltern beurteilten die Kopforthesentherapie rückblickend als belastend, während von kindlicher Seite der Helm in 94,83 % gut toleriert wurde. Zwei Patienten (3,45 %) tolerierten die Orthese nicht, ein Patient (1,72 %) nur etwas. Bezüglich der Therapieergebnisse glauben rückblickend 98,28 %, dass die Kopforthesentherapie sinnvoll für ihr Kind war. Alle Eltern (100 %) würden diese Therapieform erneut wählen.

4. Diskussion

4.1 Gruppeneinteilung und Geschlechterverteilung

Für diese Arbeit erfolgte zu Beginn die Unterteilung der Gesamtpopulation aus 58 Patienten in definierte Diagnosegruppen. Die unter Punkt 2.9.1 vorgenommene Gruppeneinteilung wurde gewählt, um die plagiocephale von der brachycephalen Schädeldeformität zu differenzieren und den Therapieerfolg bei Helmabnahme sowie das Langzeitergebnis gruppenspezifisch exakt untersuchen zu können. Die veröffentlichte Einteilung von Hinken et al. im Jahr 2019 erwies sich als sinnvolle Klassifikation (83). Sie lässt sich einfach in den Praxisalltag integrieren und weist somit eine hohe Reproduzierbarkeit auf. Die Plagiocephalie ist durch eine Kopfasymmetrie gekennzeichnet, die sich klinisch in einer erhöhten CVA widerspiegelt. Gleichzeitig ist der Kopf ausreichend lang, somit liegt der CI im definierten Normbereich. Bei einer vorliegenden Brachycephalie ist der Kopf hingegen zu kurz, was sich in einem erhöhten CI-Wert zeigt. Im Gegensatz zur Plagiocephalie besteht eine nahezu symmetrische Schädelform, der CVA-Wert gilt als physiologisch. Plagio- und Brachycephalie sind demnach per Definition zwei bedeutende unterschiedliche Krankheitsbilder mit andersartigen Pathologien. Eine gemeinsame Datenauswertung der unterschiedlichen Verformungstypen im Rahmen der Gesamtpopulation hätte verfälschte ungenaue Ergebnisse zur Folge. Die nachfolgenden Beispiele sollen dies verdeutlichen. Würde man bei der Analyse des CVA-Werts Patienten mit einer isolierten Brachycephalie berücksichtigen, käme es zu einer negativen Beeinflussung des mittleren Reduktionswerts, da diese Patienten bereits eine CVA im Normbereich aufweisen. Die gleiche Aussage gilt auch für die Interpretation des CI-Wertes. Hierbei würden rein plagiocephale Deformationstypen mit einer normalen Kopflänge in die Berechnung eingebracht, obwohl diese lediglich bei einer vorliegenden Brachycephalie korrigiert werden sollen. Aus diesen Gründen erscheint die im Vorfeld vorgenommene Gruppenunterteilung unerlässlich, um letztlich aussagekräftige Ergebnisse validieren zu können.

Zur Differenzierung der verschiedenen Deformitätstypen diene der CVA-Wert als plagiocephales Element und der CI-Wert als brachycephaler Faktor. Bei einer vorliegenden CVA über einem Zentimeter wurde die Diagnose einer „Plagiocephalie“ gestellt. Ein CI-Wert über 90 % galt als „Brachycephalie“ (83, 93, 99, 100). Patienten,

die sowohl einer Plagiocephalie als auch einer Brachycephalie zugeordnet werden konnten, galten als Mischform und wurden der Gruppe Plagiobrachycephalus zugeteilt. Diese Gruppeneinteilung erscheint bereits äußerst effektiv bei der Veranschaulichung der Mittelwerte: Kann bei der Gruppe P und PB ein deutlich erhöhter CVA-Wert ermittelt werden (1,97 cm bzw. 1,81 cm), liegt er bei der Gruppe B mit 0,72 cm im nicht therapiebedürftigen Bereich. Hingegen weisen Gruppe B mit 99,69 % und PB mit 97,04 % einen stark erhöhten CI-Wert auf, wohingegen er in Gruppe P mit 83,59 % im Normbereich liegt und keiner Korrektur bedarf (44, 89, 100). Bei Betrachtung der demographischen Verteilung stellen die Patienten mit plagiobrachycephalen Mischform mit 44,83 % den größten Anteil, gefolgt von dem rein plagiocephalen Formtyp (31,03 %). Die Diagnose einer isolierten Brachycephalie konnte bei etwas weniger als einem Viertel (24,14 %) der Patienten gestellt werden und deckt sich mit dem ungefähren Anteil von Teichgraeber et al., die eine Inzidenz von 21,9 % ermittelten (95). Auch Hinken et al. wiesen ein deutliches Übergewicht der Patienten mit plagiocephaler Komponente nach und verzeichneten 77,7 % bei den plagio- und plagiobrachycephalen Verformungstypen, wohingegen nur 17,3 % aller Patienten der brachycephalen Diagnosegruppe zugeordnet werden konnten (83). Wilbrand et al. beschreiben die kombinierte Schädeldeformität als die stigmatisierenste Form, die in 71,1 % therapiert wird, während die Behandlung rein brachycephaler Deformitäten in nur 46,8 % der Fälle erfolgt (101).

Bei der Auswertung der Geschlechterverteilung überwiegt das männliche Geschlecht mit 63,79 % deutlich. Somit umfasst die Gesamtpopulation einen weiblichen Anteil von lediglich 36,21 %. In der Gruppe PB lässt sich mit 69,23 % der größte männliche Anteil beobachten, während die Gruppe P mit 55,56 % den geringsten Anteil verzeichnet. Letztlich findet sich diese Verteilung in vielen in der Literatur vorgelegten Studien wieder, bei denen oft ein geschlechtsspezifisches Ungleichgewicht von 2:1 (102), 3:1 (103) oder 3:2 (104) beschrieben wird und das männliche Geschlecht somit als prädisponierender Faktor für die Ausbildung einer frühkindlich lagebedingten Schädeldeformität gilt (32, 37, 105). Die Ursache der geschlechtsspezifischen Prädisposition begründet sich darin, dass männliche Neugeborene größere Köpfe aufweisen und gleichzeitig weniger Körpermobilität besitzen (43). Aufgrund dessen ist der weniger flexible Kopf anfälliger für Verformungen durch Uteruskompressionen und Deformationskräfte während der Entbindung (42). Darüber hinaus findet bei männlichen Säuglingen in den ersten drei Lebensmonaten mehr Wachstum statt, was eine

schwerkraftbedingte Schädelverformung bei nichtvariierender Schlafposition wahrscheinlicher macht (33).

4.2 Auswertung der Anfangsparameter

4.2.1 Risikofaktoren

Im Rahmen der speziellen Anamnese konnten weitere Risikofaktoren zur Entstehung einer frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformität erfasst werden. Somit handelte es sich in 64,10 % aller Fälle um das erstgeborene Kind. Etwas niedrigere Werte konnten in einem Intervall von 40,86 % bis 62,50% in der Literatur nachgewiesen werden und sind durch eine höhere Uteruskompression gegen Ende der Schwangerschaft bei einer Primagravidität begründet (40, 43, 105). Verglichen mit anderen Studien ist der Zwillingsgeburtenanteil in dieser Arbeit mit 24,56 % im mittleren Bereich (33, 43, 106). Als Folge intrauteriner Platzenge sowie der Entwicklung einer Vorzugshaltung beschreiben Peitsch et al. das viermal häufigere Auftreten einer Kopfdeformität bei Zwillingen als bei Singlegeburten (43). Darüber hinaus wurden 25,93 % aller Studienteilnehmer vor der 37. Schwangerschaftswoche geboren und zählten somit als Frühgeburten. Die Schädelverformung eines Frühgeborenen wird unter anderem mit einer reduzierten Umlagerungsvariation des elastischen Säuglingskopfes aufgrund eines oft längeren Aufenthalts auf der Intensivstation assoziiert. Launonen et al. fanden heraus, dass sich die Deformation bei Frühgeborenen vor allem in einer stärkeren occipitalen Abflachung zeigt (107). Darüber hinaus konnte die Geburt in 44,23 % aller Fälle spontan erfolgen, während in 40,39 % ein Kaiserschnitt erforderlich war und bei 15,39 % eine Saugglocke als Geburtshilfsmittel verwendet wurde. Bei Betrachtung der Diagnosegruppen fällt auf, dass vor allem in den Gruppen PB mit 20,83 % und P mit 12,50 % eine assistierte Geburt stattfand, während die Gruppe B mit 8,33 % einen geringeren Anteil verzeichnet. Der Einsatz einer Saugglocke lässt Zug- und Druckkräfte auf den Säuglingskopf wirken, die eine Verformung des weichen Schädels provozieren und letztlich die Ausbildung einer asymmetrischen Kopfdeformität bedingen (33, 42, 108). In diesem Zusammenhang wiesen Mawji et al. eine 1,9-fach höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Plagiocephalie nach Einsatz von Geburtshilfsmitteln im Vergleich zur vaginalen Entbindung nach (33).

4.2.2 Alter bei Behandlungsbeginn

Für diese Arbeit wurden Patienten berücksichtigt, die bei Therapiebeginn vier bis zwölf Monate alt waren. Dieser definierte Zeitraum zur Initiation der Kopforthesentherapie wurde bereits in anderen Studien gewählt und als sinnvoll erachtet (109, 110). So haben Robinson et al. formuliert, dass eine Bewertung der Deformität nicht vor dem Alter von drei bis vier Monaten erforderlich ist, da sich viele Fälle in diesem Alter von selbst korrigieren (54). Auch Dörhage et al. verweisen auf nicht-orthetische Therapie-maßnahmen bis zum vierten Lebensmonat zur Förderung einer Spontanremission (70). Darüber hinaus schlossen andere Autoren ebenfalls Patienten mit einem Alter über zwölf Monaten aus, da ab diesem Zeitpunkt eine starke Verlangsamung des Kopfwachstums zu verzeichnen ist und somit ungenauere Studienergebnisse resultieren (95, 99, 111).

Das mittlere Alter der Gesamtpopulation liegt in einem Intervall von 6,99 bis 7,30 Monaten. Dies entspricht den ungefähren Angaben anderer Autoren (42, 106, 112-114). Hierbei muss angemerkt werden, dass der Behandlungsbeginn bis zum sechsten Lebensmonat empfohlen wird, da in diesem Zusammenhang von einem besseren Korrekturergebnis und einer kürzeren Behandlungsdauer ausgegangen werden kann (73, 85). Die Patienten aller Gruppen waren somit im Mittel einen Monat älter. Hierbei könnten verschiedene Faktoren ursächlich gewesen sein. In den Anamnesegesprächen zeigte sich ein zum Teil ungleicher Wissensstand der niedergelassenen Kinderärzte bezüglich der Diagnose und Therapie von frühkindlichen lagebedingten Kopfdeformitäten. Dies führte in einigen Fällen zu Fehleinschätzungen in der Behandlungsbedürftigkeit und verspäteten Überweisungen in spezialisierte Einrichtungen. In diesem Zusammenhang berichteten Kluba et al., dass die Anomalie in den meisten Fällen (60,8 %) zuerst von den Eltern und in 25,9 % vom Kinderarzt erkannt wird. Nach Feststellung einer Deformität wird in 62,4 % auf eine Spontanremission verwiesen und nicht-orthetische Therapieansätze empfohlen. Die direkte Überweisung an einen kraniofazialen Spezialisten erfolgt nur bei 5,3 % der Kinder ohne Kopf-orthesenbehandlung und bei 6,6 % der Kinder mit nachfolgender Helmtherapie (115).

Darüber hinaus führte die Klärung der Kostenübernahme durch die Krankenkasse zu zusätzlichen Verzögerungen in der Therapieeinleitung. Schlussendlich muss darauf hingewiesen werden, dass der Behandlungsbeginn so früh wie möglich erfolgen sollte, um das bestmögliche Behandlungsergebnis erzielen zu können. So kann in besonders schweren Fällen ein Therapiebeginn bereits vor dem vierten Lebensmonat angezeigt sein,

um das Wachstum frühzeitig zielgerichtet umzulenken (5). Zur Vermeidung von Behandlungsverzögerungen sollte eine stärkere pädiatrische Sensibilisierung im Rahmen der Früherkennungsuntersuchungen entwickelt werden, um frühestmöglich zu agieren und Betroffene an Fachzentren zu überweisen.

Betrachtet man die unterschiedlichen Diagnosegruppen, so fällt auf, dass die Gruppe P und PB die Therapie mit 6,99 bzw. 7,09 Monaten etwas früher als die Gruppe B mit 7,30 Monaten begonnen haben. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass eine asymmetrische Kopfform frühzeitig auffällt als ein abgeflachter Hinterkopf. In schweren Fällen kann eine plagiocephale bzw. plagiobrachycephale Deformation sogar mit einer Gesichtsasymmetrie einhergehen (112). Die elterliche Sorge über das beeinträchtigte kosmetische Erscheinungsbild ihres Kindes könnte folglich zu schnellerer Einholung ärztlichen Rats beitragen.

In dieser Arbeit wurde keine zusätzliche Unterteilung der Diagnosegruppen nach Alter bei Therapiebeginn vorgenommen. Grund hierfür war die verhältnismäßig geringe Stichprobengröße, die nach Unterteilung der Gesamtpopulation in Verformungstypen keine weitere Separation zuließ. Die Aussage von Mulliken et al., die im Rahmen einer Untersuchung an 36 Säuglingen keinen Zusammenhang zwischen dem Alter bei Beginn der Helmtherapie und der relativen Verbesserung der kranialen Asymmetrie feststellen konnten (103), wurde bereits von zahlreichen Autoren widerlegt (73, 106, 111, 116-118). Eine Überprüfung des Langzeitergebnisses nach initialer Unterteilung in definierte Altersgruppen zu Therapiebeginn existiert derzeit nicht. Naidoo et al. untersuchten ein Patientenkollektiv aus 71 Probanden ohne vorausgegangene Einteilung nach Verformungstyp, Schweregrad oder Alter bei Therapiebeginn und konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Alter bei Therapiebeginn und der Entwicklung der Kopfparameter CVA und CI nach Therapieabschluss feststellen (51). Es wäre daher interessant, in nachfolgenden Studien zu ermitteln, ob sich bei jüngeren Patienten nach Therapieabschluss stärkere Veränderungen der Kopfform zeigen und wie sich diese auf das endgültige Therapieergebnis auswirken.

4.3 Behandlungsdauer und Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Die Gruppe B wies mit 5,68 Monaten im Mittel die kürzeste Behandlungsdauer auf, gefolgt von der Gruppe P (6,24 Monate) und der Gruppe PB (6,40 Monate). Hierbei hatte die Behandlungsdauer keinen Einfluss auf das Therapieergebnis der entsprechenden CVA ($p = 0,56$), des CVAI ($p = 0,55$) und des CI ($p = 0,25$). Die Studie von Hinken et al. wies die gleiche Hierarchie in der Helmtragedauer auf, wenngleich die durchschnittlichen Therapiezeiten etwas geringer ausfielen (83). Die Tatsache, dass rein brachycephale Patienten die Helmtherapie schneller abschließen, könnte mehrere Gründe haben. Hallac et al. fanden in einer kürzlich veröffentlichten Studie heraus, dass sich die Kopfform bei diagnostiziertem Brachycephalus nach 2,5 Monaten bereits um 65 % verbessert hat (119). Darüber hinaus wird die Therapie einer Schädelasymmetrie im klinischen Alltag vermutlich strenger gehandhabt. Hierbei wird häufig der absolute Therapieerfolg mit einem CVA-Wert von Null angestrebt, was einer Schädelasymmetrie und somit idealen Kopfform entspricht. Die Entscheidung für den Therapieabschluss bei einem zu kurzen Kopf lässt möglicherweise mehr Spielraum für den behandelnden Facharzt, da die Definition des physiologischen CI-Werts mit einem Intervall von 75 % bis 92 % stark variiert (s. Kapitel 2.5.3). Außerdem ist die Studienlage zur Kopforthesentherapie bei diagnostizierter Brachycephalie im Vergleich zur Plagiocephalie überschaubar. Somit ist neben der Schädelvermessung vor allem auch der kosmetische Eindruck von Arzt und Eltern ausschlaggebend. Hierbei erscheint ein leicht verkürzter Kopf kosmetisch oft weniger bedenklich als eine verbliebene Restasymmetrie. Letztlich ist die Helmpassung bei brachycephalen Patienten aufgrund des fehlenden occipitalen Volumens häufig schlechter, was zu einer verminderten Tragetoleranz und folglich zu einer Forcierung des Therapieabschlusses beitragen kann (88, 90).

Die Nachuntersuchung erfolgte in den Diagnosegruppen in einem Zeitraum von 3,50 Jahren bis 4,10 Jahren nach Therapieabschluss. Die Patienten der Gruppe P weisen dabei das jüngste mittlere Alter von 4,61 Jahren auf, gefolgt von der Gruppe B (4,90 Jahre) und der Gruppe PB (5,23 Jahre). Zwischen Gruppe P und Gruppe PB liegt damit eine zeitliche Differenz von 0,62 Jahren. Es ist bekannt, dass das Kopfwachstum nach zwei Jahren zu 80 % bis 85 % abgeschlossen ist und sich das Kopfumfangswachstum danach stark linear verlangsamt. So ist laut Angaben des Robert Koch Instituts zwischen dem zweiten und 18. Lebensjahr eine jährliche durchschnittliche Umfangszunahme von weniger als einem Zentimeter zu verzeichnen (12).

Dies begründet, dass die geringen Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf die Nachkontrollzeit und das Alter bei Nachkontrolle vernachlässigt werden können und die Gruppen somit gut vergleichbar sind.

4.4 Auswertung der Kopfparameter CVA, CVAI und CI

Um die Entwicklung der Kopfform zu beurteilen und mit der Literatur vergleichen zu können, wurden die international geläufigen Parameter CVA, CVAI und der CI erhoben. Die Verwendung der ausgewählten Messgrößen ermöglicht zusätzlich die Differenzierung zwischen einer Plagiocephalie und einer Brachycephalie. Es ist wichtig zu erwähnen, dass zu Behandlungsbeginn keine Selektion nach Schwere der Deformität durchgeführt wurde. Somit wurden Patienten mit sehr schweren Schädeldeformitäten in früheren Untersuchungen im Vorfeld von der Studienteilnahme ausgeschlossen (49, 120). Van Wijk et al. eliminierten somit Patienten mit sehr schweren Schädeldeformationen, die einen Oblique Diameter Difference Index (ODDI) von 113 % (was einer CVA von 1,7 cm entspricht) sowie einen CI von mehr als 106 % aufwiesen (49). Für diese Arbeit wurden alle im klinischen Alltag vorkommenden Deformitäten berücksichtigt und in die Analyse einbezogen. Die Mittelwerte der CVA betragen in der Gruppe P 1,97 cm und in der Gruppe PB 1,81 cm. In der Literatur wird ein CVA-Wert von über 1,20 cm als schwere Asymmetrie definiert (121). Hingegen beschrieben Yoo et al. das Vorliegen einer schweren Schädelasymmetrie erst ab einem Wert von 1,6 cm (122). Zusätzlich wurde der CVAI ermittelt. Dieser lag in der Gruppe P bei 15,77 % und in der Gruppe PB bei 14,59 %. In der Literatur findet häufig die Schweregradeinteilung auf Basis der Messungen von Mortenson et al. Anwendung. Hierbei weist eine milde Plagiocephalie einen CVAI von 3 % bis 7 % auf, die moderate Form 7 % bis 12 %, während ein CVAI über 12 % als schwere Asymmetrie kategorisiert wird (5, 68). Loveday und de Chalain definieren hingegen einen Wert bis 3,5 % als physiologisch (44).

In bereits veröffentlichten Studien finden sich anfängliche CVA-Werte zwischen 1,14 cm und 1,63 cm (122-124) sowie CVAI-Werte in einem Intervall von 7,97 % bis 13,6 % (73, 87, 122). Die ermittelten Werte dieser Arbeit sind somit als schwerwiegende Deformitäten einzuordnen, die eine eindeutige Behandlungsindikation für eine Kopforthese darstellen. Auch der Vergleich mit Patientenkollektiven anderer Studien rechtfertigt die vorgenommene Therapieform zur Vermeidung späterer Folgeschäden (83).

In den Gruppen B und PB wurde der CI-Wert als brachycephale Komponente ermittelt. Dieser liegt in der Gruppe B im Mittel bei 99,69 %, in der Gruppe PB bei 97,04 %. Ein vorliegender Cranial Index von 90 % bis 95 % wird als klinisch relevant angesehen (125). Während Wilbrand et al. einen CI über 102 % als schwere Brachycephalie deklarieren, stuften Choi et al. in einer kürzlich veröffentlichten Studie zu brachycephalen Patienten einen initialen CI-Wert von über 96 % als sehr ernst ein (89, 93). Feijen et al. empfehlen eine Helmtherapie mit Berücksichtigung der kosmetischen Einschätzung ab einem Wert von 97,5 % (125). Letztlich lassen sich die errechneten CI-Werte für die Gruppen B und PB einer schweren Brachycephalie zuordnen. Die Kopforthesentherapie wurde somit indikationsgerecht durchgeführt.

4.4.1 Entwicklung der Kopfparameter im Therapieverlauf

Die Ergebnisse von CVA und CVAI wurden aus den gleichen Messwerten ermittelt und gleichen sich daher stark. Während die CVA die absolute Kopfasymmetrie in Zentimetern darstellt, setzt der in Prozent angegebene CVAI diese zusätzlich ins Verhältnis zu kürzeren Schädeldiagonalen. Der Asymmetrie-Index berücksichtigt somit auch die Schädelgröße. Kleinere Köpfe haben somit bei identischer Asymmetrie einen größeren CVAI-Wert. Damit ist die Kopfasymmetrie eines Säuglings mit verhältnismäßig kleinem Kopf gravierender als bei einem älteren Kind oder Erwachsenen mit einem größeren Schädel. Der Cranial Vault Asymmetry Index liefert somit wichtige Informationen für die Einordnung der vorliegenden Kopfdeformation und sollte bei der Entscheidung der Behandlungsnotwendigkeit berücksichtigt werden. Die CVA und CVAI stellen im klinischen Alltag somit wichtige Kenngrößen dar und sollen daher in der Folge zusammen evaluiert werden.

Die höchsten Ausgangswerte der CVA bzw. des CVAI fanden sich in der Gruppe P (1,97 cm/15,77 %) und PB (1,81 cm/14,59 %). In der Gruppe B konnten geringere Asymmetriewerte von 0,72 cm und 5,59 % ermittelt werden. Dies erklärt sich zunächst aus der im Vorfeld definierten Gruppeneinteilung, die klar zwischen Plagiocephalie und Brachycephalie unterscheidet. In dieser Arbeit verhalten sich die CVAI-Werte analog zu den CVA-Werten. Dies liegt darin begründet, dass in der Gruppe P eine durchschnittlich deutlich höhere Asymmetrie zu verzeichnen ist. Lägen bei P und PB identische CVA-Werte vor, würde die Gruppe PB vermutlich den höheren CVAI-Wert aufweisen. Die Erklärung lässt sich aus der kombinierten Brachycephalie herleiten. Durch die geringere

Kopflänge resultieren folglich kürzere Schädeldiagonalen. Somit ist es im klinischen Alltag nicht ungewöhnlich, dass plagiobrachycephale Mischformen teilweise höhere CVAI-Werte aufweisen als der reine Plagiocephalus mit normaler Schädellänge und gleichem gemessenen Asymmetriewert. Dies unterstreicht, dass der CVAI eine sinnvollere Einschätzung der Schädeldeformität ermöglicht als die alleinige CVA. Die Cranial Vault Asymmetry ist sehr gut in den klinischen Alltag integrierbar. So kann sie in der Regel sofort ohne Hilfsmittel aus der gemessenen Schädeldiagonalen-Differenz errechnet und den Eltern mitgeteilt werden. Zudem ist der Asymmetriewert für den Laien leichter zu verstehen als der Asymmetrie-Index, der fachliches Hintergrundwissen erfordert.

Im Rahmen der Helmtherapie ließ sich in allen Diagnosegruppen eine Verbesserung der CVA und des CVAI-Werts feststellen. Die mittlere Verbesserung lag beim CVA-Wert in einem Intervall von 0,64 cm bis 1,67 cm, beim CVAI-Wert von 5,04 % bis 13,68 %. Die größte Reduktion wies die Gruppe P mit 1,67 cm bzw. 13,68 % auf, gefolgt von der Gruppe PB mit 1,47 cm bzw. 12,25 %. Die geringste Veränderung konnte in der Gruppe B mit 0,64 cm und 5,04 % beobachtet werden. Dies widerspricht den Ergebnissen von Hinken et al., die die größte Verbesserung in der Gruppe PB konstatierten (83). Die forcierte Reduktion in der Gruppe P könnte darin begründet sein, dass hierbei lediglich laterales Kopfvolumen fehlt. Bei einer zeitgleichen occipitalen Abflachung in der Gruppe PB muss zusätzlich posteriores Volumen gewonnen werden. Es ist vielfach nachgewiesen, dass Kopforthesen keinen wachstumshemmenden Effekt haben (55). Somit kann der Kopf bei einer reinen Plagiocephalie gerichtet in das freigelassene laterale Orthesenareal expandieren, während er bei einer kombinierten Plagiobrachycephalie ein größeres lateroposteriores Areal ausfüllen muss. Çervik et al. unterschieden ebenfalls zwischen rein plagioccephalen und plagiobrachycephalen Patienten und konnten höhere Reduktionswerte in der Gruppe Plagiocephalus feststellen (106). Ein weiterer Faktor könnte das jüngere Alter (6,99 gegen 7,09 Monate) sowie die schwerere Ausprägung der Schädelasymmetrie (1,97 cm/15,77 % gegen 1,81 cm/14,59 %) der Gruppe P bei Therapiebeginn darstellen. Beide Faktoren beeinflussten die CVA und den CVAI zu Therapieabschluss positiv. Dieses Ergebnis entspricht dem allgemeinen literarischen Konsens, indem sowohl das Alter als auch die Schwere der Deformation vielseitig untersucht wurden (2, 5, 73, 111, 116, 126). Die Gruppe B, die aufgrund der Diagnosegruppeneinteilung in einigen Fällen eine milde Form der Schädelschiefe beschreibt, wird

im Zuge des posterioren Wachstums ebenfalls leicht korrigiert. Letztlich führte die Helmtherapie in allen Diagnosegruppen zu einer Verbesserung der Asymmetrie.

In den Gruppen P und PB konnten für diese Arbeit sehr hohe Reduktionswerte für die CVA und den CVAI verzeichnet werden. In der Literatur findet man eher geringere Verbesserungswerte. So wiesen Kluba et al. in ihrer Studie eine absolute CVAI-Reduktion von 11,1 % nach, während Yoo et al. eine Reduktion von 7,68 % bzw. 1,13 cm feststellten (73, 122). Die Erklärung liegt vermutlich in der Schwere der Schädeldeformität, die in dieser Arbeit mit initialen Werten von 1,97 cm bzw. 15,77 % in der Gruppe P und von 1,81 cm bzw. 14,59 % in der Gruppe PB sehr ausgeprägt ist. Während in anderen Studien nach einer geringeren Reduktion ein zufriedenstellendes Ergebnis im Normbereich erreicht und somit der Therapieabschluss beschlossen werden konnte, war in der vorliegenden Untersuchung mehr Reduktion nötig. Letztlich konnte in allen drei Diagnosegruppen ein sich im Normbereich befindliches zufriedenstellendes Therapieresultat verzeichnet werden. Dieses lag in der Gruppe P zum Ende der Kopforthesentherapie bei 0,31 cm/2,09 %, in der Gruppe PB bei 0,34 cm/2,36 % und in der Gruppe B bei 0,08 cm/0,55 %. Yoo et al. definieren einen Therapieerfolg bei einem endgültigen CVA von 0,5 cm oder weniger (122), während Loveday und de Chalain einen CVAI von unter 3,5 % als physiologisch definieren (44). Diese Zielwerte konnten in allen Diagnosegruppen erreicht werden und führen zu dem Schluss, dass der Therapiehelm ein wirksames Behandlungsmittel für die Normalisierung einer Schädelasymmetrie darstellt.

Die Beurteilung des Längen-Breiten-Verhältnisses in den Diagnosegruppen erfolgte anhand des CI. Die höchsten mittleren CI-Werte wurden initial in der Gruppe B mit 99,69 % und in der Gruppe PB mit 97,04 % verzeichnet. Die genannten Werte der Gruppen B und PB liegen somit außerhalb des physiologischen Bereichs, der in der Literatur mit 75 % bis 92 % angegeben ist (s. Kapitel 2.7). Der durchschnittliche CI der Gruppe P lässt sich bei Therapiebeginn mit 83,59 % bereits in der von Dörhage et al. definierten Norm von 75 % bis 85 % einordnen und konnte damit als nicht behandlungsbedürftig eingestuft werden (22). Aufgrund der anfänglichen Gruppeneinteilung ist es verständlich, dass die Gruppen B und PB höhere Ausgangswerte aufweisen als die Gruppe P. In Gruppe B und PB sollte aufgrund des zu kurzen Kopfes posteriores Volumen gewonnen werden. Während in der Gruppe P die Orthese somit im hinteren Bereich weitestgehend anlag, wurde in den Gruppen B und PB Platz gelassen, um das Längenwachstum gezielt zu fördern.

Während der Helmtherapie lag die absolute mittlere Reduktion des CI-Werts in der Gruppe B bei 7,36 %, das Therapieergebnis somit bei 92,33 %. Die Gruppe PB zeigte eine Verbesserung von 6,92 % mit einem CI-Wert von 90,12 % bei Helmabnahme. Die Reduktionswerte dieser Arbeit liegen über denen von Kelly et al., die bei der Untersuchung von 4205 brachycephalen Säuglingen in der Altersgruppe von sechs bis neun Monaten eine durchschnittliche Gesamtverringering von 5,4 % ermittelten (55). Allerdings verzeichnete der mittlere CI bei Behandlungseintritt 95,0 % und lag somit deutlich unter den Werten der Gruppe B und PB dieser Arbeit. Somit waren bei Kelly et al. geringere Korrekturwerte für ein zufriedenstellendes Therapieergebnis ausreichend. Dies verdeutlicht auch die kürzere Helmtragezeit von 3,64 Monaten, während die Patienten dieser Arbeit 5,68 Monate bzw. 6,40 Monate benötigten.

In der Gruppe der isolierten Brachycephalie konnte die stärkste Verbesserung des Längen-Breiten-Verhältnisses festgestellt werden. Dies könnte dadurch begründet werden, dass bei plagiobrachycephalen Köpfen zusätzliches Volumenwachstum nach lateral benötigt wird, um zeitgleich die vorhandene Asymmetrie auszugleichen. Dennoch kann konstatiert werden, dass die Gruppe PB letztlich vergleichbar gut von der Kopforthesenbehandlung profitiert.

Die Kopforthesentherapie wurde in der Gruppe der rein brachycephalen Patienten mit einem Cranial Index von 92,33 % abgeschlossen. In der Gruppe der plagio-brachycephalen Mischform konnte bei Therapieende ein CI-Wert von 90,12 % ermittelt werden. In beiden Gruppen wurde somit die vorliegende Kurzköpfigkeit im Therapieverlauf nicht vollständig egalisiert, sodass weiterhin Werte über 90 % vorlagen. Andere Studien zur Kopforthesentherapie bei diagnostizierter Brachycephalie erreichten bessere Endergebnisse. So konnten Hinken et al. in der Gruppe B einen endgültigen CI-Wert von 91,66 % und in der Gruppe PB von 89,60 % nachweisen. In der Literatur sind bei vorliegender Brachycephalie CI-Werte bei Behandlungsabschluss von 88,87 % bis 91,90 % angegeben (55, 93, 95, 118).

Schließlich stellen die Ergebnisse der Patienten mit brachycephaler Komponente nur eine Annäherung an den physiologischen Bereich dar. Dies scheint zunächst die Untersuchungen von Teichgraeber et al. zu bestätigen, in denen trotz statistisch signifikanter Verbesserung um 2,8 % keine Normalisierung des CI-Werts festgestellt werden konnte. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass in dieser Arbeit deutlich höhere Verbesserungswerte erzielt werden konnten (7,36 % bzw. 6,92 %).

Letztlich wurde der CI zu Therapieabschluss weder durch das Alter bei Therapiebeginn ($p = 0,88$) noch die Behandlungsdauer ($p = 0,25$) beeinflusst. Kelly et al. stellten fest, dass die Abnahme des CI-Werts mit zunehmendem Alter signifikant sinkt. So zeigten die Patienten unter 6 Monaten bessere Therapieergebnisse (55, 118). Die abweichenden Werte dieser Arbeit könnten möglicherweise auf die geringe Stichprobengröße zurückzuführen sein und sollten in nachfolgenden Studien erneut untersucht werden. Hingegen zeigten schwere Deformationen einhergehend mit einem hohen CI zu Therapiebeginn mehr Reduktion ($p < 0,001$). Dies verdeutlicht, dass die Kopforthesentherapie vor allem bei schweren Formen der Brachycephalie eine hohe Wirksamkeit zeigt und die Kopfform bedeutend verbessert werden kann.

4.4.2 Auswertung der Langezeitergebnisse

Im Vorfeld muss angemerkt werden, dass die Anzahl veröffentlichter Langzeitstudien derzeit in der Literatur überschaubar ist (51, 59, 92, 127). Diese Arbeit soll als wissenschaftlicher Beitrag weitere Langzeitergebnisse zur Verfügung stellen und untersucht in diesem Rahmen die Stabilität des Therapieergebnisses bei Plagiocephalus, Brachycephalus und Plagiobrachycephalus.

Die Kopforthesentherapie konnte in allen Diagnosegruppen mit einem CVA-Wert unter 0,5 cm und einem CVAI-Wert unter 3,5 % abgeschlossen werden. Bei der Helmabnahme ließ sich in der Gruppe PB und P eine vergleichbare Restasymmetrie von 0,34 cm und 2,36 % bzw. 0,31 cm und 2,09 % feststellen. Der symmetrischste Kopf wurde bei der isolierten Brachycephalie mit 0,08 cm und 0,55 % gemessen und entspricht näherungsweise einer idealen Kopfform. Dies ist in der geringen Anfangsasymmetrie dieser Gruppe begründet und wurde bereits in den vorangegangenen Kapiteln diskutiert. Obwohl im Rahmen der Helmtherapie eine Kopfsymmetrie mit einem CVA von 0 cm und CVAI von 0 % angestrebt wird, bleibt dies im klinischen Alltag nur Einzelfällen vorbehalten. Letztlich muss darauf hingewiesen werden, dass symmetrische Köpfe in der Natur sehr rar sind. Aus diesem Grund sollte neben den Vermessungsparametern der subjektive kosmetische Eindruck von Arzt und Eltern ein wichtiger Einflussfaktor für die Entscheidung des Therapieendes darstellen. Die Ergebnisse dieser Arbeit decken sich mit Ergebnissen anderer Studien. So findet man in der Literatur Angaben des CVA von 0,30 cm bis 0,47 cm und CVAI-Werte von 3,00 % bis 6,21 % nach abgeschlossener

Kopforthesentherapie (51, 73, 83, 122). Die Helmtherapie konnte somit auch im nLiteraturvergleich in allen Diagnosegruppen erfolgreich abgeschlossen werden.

Im Rahmen eines Nachkontrolltermins wurden die Patienten zur Überprüfung der Stabilität des Langzeitergebnisses erneut vermessen. Hierbei zeigte sich eine sehr geringe Reduktion des CVA und des CVAI in der Gruppe P und PB. Hierbei sanken die Werte bei den rein plagiocephalen Patienten um 0,03 cm bzw. um 0,04 %. In der Gruppe PB konnte man eine Verringerung um 0,04 cm bzw. um 0,45 % beobachten. In der Gruppe B blieb der CVA-Wert mit 0,08 cm unverändert, während der CVAI-Wert um 0,01 % abnahm. Das Alter bei Behandlungsbeginn sowie die Therapiedauer hatten keinen Einfluss auf das Langzeitergebnis von CVA und CVAI (s. Kapitel 3.6.1 und 3.6.2). Dies entspricht den Ergebnissen von Lee et al., die in ihrer Nachuntersuchung von plagiocephalen Patienten keine weiteren Verbesserungen der Kopfsymmetrieparameter nachweisen konnten (59). Diese Aussage erfährt ebenfalls Bestätigung durch eine kürzlich veröffentlichte Studie von Naidoo et al., die 71 Patienten sechs Monate nach abgeschlossener Helmtherapie nochmals untersuchten. Sie verzeichneten unabhängig von Alter und Therapiedauer eine Verringerung der CVA um 0,02 cm von 0,30 cm auf 0,28 cm. Kunz et al. wiesen eine Abnahme des CVAI um 0,05 % in der Gruppe der helmtherapierten Kinder nach (57). Schlussendlich sind die Veränderungen der Asymmetrie nach Helmabnahme so gering, dass sie als klinisch nicht relevant einzuschätzen sind. Somit belegen die Ergebnisse dieser Arbeit die Stabilität der CVA und des CVAI nach Helmabnahme. Vermutungen, dass sich die CVA und der CVAI nach Helmabnahme weiterhin verbessern und sich eine bestehende Restasymmetrie nach Therapieende auswächst, können somit negiert werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen nachdrücklich, dass eine Kopforthesenbehandlung bis zu einem zufriedenstellenden kosmetischen Ergebnis fortgeführt werden sollte, da in den Folgejahren mit einer Konstanz der verbliebenen Restasymmetrie zu rechnen ist. Gleichzeitig kann Eltern die Sorge genommen werden, dass es zu keiner nachweisbaren Verschlechterung der Kopfform nach Helmabnahme kommt.

Hinsichtlich des Langzeitergebnisses des Längen-Breiten-Verhältnisses wurde der niedrigste mittlere CI bei Behandlungsabschluss in der Gruppe P (82,64 %) ermittelt, gefolgt von den Gruppen PB (90,12 %) und B (92,33 %). Im Rahmen der Nachkontrolle konnte in allen Gruppen eine weitere Reduktion des CI-Werts beobachtet werden. Die höchste mittlere Abnahme wurde in der Gruppe B mit 4,30 % festgestellt, gefolgt von der

Gruppe PB mit 3,47 %. Die Patienten mit einer isolierten Plagiocephalie zeigten nach Helmabnahme mit einem Reduktionswert von durchschnittlich 1,14 % die geringste CI-Abnahme. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der CI-Wert bei Behandlungsabschluss bereits im Normbereich lag und sich infolgedessen nur noch geringfügig verbesserte. Die weitere Verbesserung des Längen-Breiten-Verhältnisses nach Helmabnahme konnte bereits schon von anderen Autoren belegt werden. So verringerte sich der CI-Wert in der Studie von Naidoo et al. um durchschnittlich 2 % von 88 % auf 86 % (51). Die Ursachen, die eine weitere Abnahme des CI-Werts vor allem in den Gruppen mit Rest-Kurzköpfigkeit über dem physiologischen Wert bedingen, sind bisher noch weitestgehend ungeklärt. Faktoren wie das Geschlecht, das Alter bei Behandlungsbeginn und die Therapiedauer beeinflussten das Langzeitergebnis in dieser und früheren Untersuchungen nicht (51). Bestätigt wurde allerdings, dass je höher der CI-Wert bei Behandlungsabschluss ist, desto mehr Verbesserung kann in der Folgezeit erwartet werden. Auch Hutchison et al. wiesen das hohe Selbstheilungspotenzial eines erhöhten CI im frühkindlichen Alter in einer Untersuchung an 129 Patienten nach. Hierbei zeigten Patienten mit initial diagnostizierter Brachycephalie, die keine Helmtherapie erhalten haben, in einem Durchschnittsalter von vier Jahren eine mittlere Verbesserung des CI-Wertes von 98,5 % auf 90,4 % (127). Vergleicht man das spontane Korrekturergebnis von Hutchison et al. mit den Langzeitergebnissen dieser Arbeit, lässt sich die Wirksamkeit der Kopforthesentherapie aufgrund niedrigerer CI-Wert nachweisen. Hierbei beträgt der mittlere CI in der Gruppe B 88,03 %, gefolgt von der Gruppe PB mit 86,65 % und schließlich P 81,50 %. Letztlich zeigen die Patienten mit initialer Brachycephalie im Langzeitergebnis Werte unter 90 % und weisen somit 3,85 Jahre nach Beendigung der Kopforthesentherapie eine normalisierte Schädelform auf.

4.5 Zusammenfassende Überlegungen für jede Diagnosegruppe

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass sich die Kopforthesentherapie für alle Diagnosegruppen als sinnvolle Behandlungsmethode erwiesen hat. So konnte in allen Gruppen während der Helmtragezeit eine deutliche Verbesserung der Kopfform erzielt werden. Nach Helmabnahme blieb das Therapieergebnis hinsichtlich der Kopfsymmetrie stabil, während das Längen-Breiten-Verhältnis vor allem bei Patienten mit leicht zurückgebliebener Brachycephalie weiterhin deutlich abnehmende Werte zeigte. Im folgenden Kapitel sollen noch einmal die Besonderheiten jeder Gruppe aufgezeigt werden.

Plagiocephalus (P)

Die Gruppe der reinen plagiocephalen Patienten stellt mit einem Anteil von 31,03 % die zweitgrößte Diagnosegruppe dieser Arbeit dar. Die Ausprägung der Plagiocephalie kann mit den international bekannten Parametern der CVA und dem CVAI bestimmt werden. Das Therapieresultat sowie das Langzeitergebnis lassen sich mit der mittleren Reduktion der CVA und des CVAI überprüfen. Die Patienten dieser Gruppe verzeichneten mit im Mittel 6,99 Monaten den frühesten Therapiebeginn. Die durchschnittliche Therapiedauer betrug 6,24 Monate. Als Therapieerfolg konnte eine Abnahme des CVAI um 13,68 % auf 2,09 % ermittelt werden und liegt somit zu Therapieende im physiologischen Bereich. Die Gruppe P zeigt die größte Reduktion der CVA und des CVAI während der Kopforthesentherapie. Das Langzeitergebnis verzeichnete ein stabiles Therapieergebnis bei einem mittleren CVAI von 1,74 %.

Brachycephalus (B)

Die Gruppe der isolierten Brachycephalie stellt die kleinste Gruppe mit einem Anteil von 24,14 % dar. Der initiale CI dient der Beurteilung der brachycephalen Ausprägung und sollte zur Evaluation des Therapieerfolgs sowie des Langzeitergebnisses erhoben werden. Liegt zeitgleich eine milde Form der Asymmetrie von bis zu einem Zentimeter vor, können die CVA und der CVAI zusätzlich erhoben werden. Erwartungsgemäß lag bei der Helmabnahme in dieser Gruppe die größte Verbesserung des CI-Werts um 7,36 % von 99,69 % auf 92,33 % vor. Der Therapiebeginn erfolgt in dieser Gruppe mit einem mittleren Alter von 7,30 Monaten am spätesten. Die Behandlungsdauer dieser Gruppe zeigt mit im Mittel 5,68 Monaten die kürzeste Helmtragezeit. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass ein symmetrisch abgeflachter Kopf durch Forcierung des Längenwachstums schneller zu einem zufriedenstellenden kosmetischen Ergebnis führt als eine Kopfasymmetrie. Nach Behandlungsabschluss zeigt sich im Gruppenvergleich die höchste Reduktion um weitere 4,30 %. Somit beträgt der endgültige CI zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 88,03 %.

Plagiobrachycephalus (PB)

Vom klinischen Erscheinungsbild stellt die plagiobrachycephale Mischform die auffälligste Schädeldeformation dar. Diese Gruppe macht mit 44,83 % den größten Anteil der Gesamtpopulation aus. Zur Beurteilung der Schwere der Kopfdeformität sollten sowohl die CVA und der CVAI als auch der CI erhoben werden. Die gleichen Parameter

dienen der Kontrolle des Therapieresultats und des Langzeitergebnisses. Die Gruppe PB zeigte während der Therapie nach der Gruppe P die zweithöchste CVA- bzw. CVAI-Reduktion von 12,23 % auf 2,36 %. Die CI-Abnahme fiel mit 6,92 % auf 90,12 % deutlich, allerdings etwas geringer als in der Gruppe B aus. Insgesamt konnten die Patienten der Gruppe PB am stärksten von der Koporthesentherapie profitieren, da sowohl eine Reduktion der Kopfasymmetrie als auch eine Verbesserung des Längen-Breiten-Verhältnisses erzielt werden konnte. Aufgrund der Komplexität der Deformation trugen die Patienten dieser Gruppe die Koporthesen mit durchschnittlich 6,40 Monaten am längsten. Im Rahmen der Nachkontrolle konnte sowohl eine Stabilität der CVA und des CVAI als auch eine weitere Verbesserung des CI nachgewiesen werden. Der CVAI sank gering um 0,45 %, während der CI-Wert sich um weitere 3,47 % verringerte. Das endgültige Therapieergebnis beläuft sich auf einen CVAI von 1,91 % und einen CI von 86,65 %.

4.6 Elternzufriedenheit

Die durchgeführte Befragung der Eltern zeigt, dass es sich bei der Koporthesentherapie um eine angenehme Therapieform mit einem zufriedenstellenden Ergebnis handelt. Im Rahmen der Nachuntersuchung dieser Arbeit und auch anhand von bereits veröffentlichten Studien konnte eine Abnahme der elterlichen Bedenken hinsichtlich der kindlichen Kopfform gezeigt werden (91, 127, 128). Zudem weist Hutchison et al. darauf hin, dass bei bestehenden milden Deformitäten ein vermehrter Haarwuchs zu einer Kaschierung dieser beitragen kann (127). Während die Kinder eine hohe Tragetoleranz der Koporthese aufwiesen, empfanden rund ein Drittel aller Eltern die Behandlung als zeitweise belastend. Hierbei wurden vor allem psychosoziale Aspekte, wie auftretende Schamgefühle sich in der Öffentlichkeit mit Koporthese zu zeigen, genannt. Auch beim Austausch von Zärtlichkeiten beschrieben die Eltern die Orthese als hindernd. Trotz der aufgeführten Bedenken würden alle Befragten diese Therapieform erneut wählen. In der Literatur lässt sich von Goveart et al. eine vergleichbare Zufriedenheitsrate von 96 % feststellen (91).

4.7 Messverfahren

Zur Datenerhebung der Kopfparameter wurde ein zweidimensionales Verfahren unter Verwendung eines Kephalometers gewählt (s. Kapitel 2.6). Diese Methode ist in den Praxisalltag gut integrierbar, da sie einfach durchführbar sowie kostengünstig ist. Obwohl Mortenson et al. Messvariabilitäten zwischen unterschiedlichen messenden Personen verzeichneten, gibt es viele Autoren, die dem anthropometrischen Messverfahren eine hohe Ergebnisqualität zusprechen (23, 97, 129). Wilbrand et al. veröffentlichten eine Studie zur Aussagekraft und Zuverlässigkeit anthropometrischer Messungen, in der sie die Vermessung mithilfe eines Messschiebers als hochpräzise deklarierten. In ihren Untersuchungen beträgt die Varianz zwischen unterschiedlichen messenden Personen sowie von einer alleinigen messenden Person maximal zwei Millimeter (96).

Alternativ zu zweidimensionalen Messzirkelverfahren kommen heutzutage immer häufiger digitale Messungen zum Einsatz. Hierbei wird von einer besseren Reproduzierbarkeit ausgegangen, die Fehlerquellen wie Messungenauigkeiten zwischen mehreren Vermessern aufgrund unterschiedlicher Ansatzvariationen des Handmessinstruments im Vorhinein eliminiert (130). Auch können in diesem Rahmen bestehende Hürden der anthropometrischen Messung umgangen werden. Somit ist eine

geringere Patientencompliance erforderlich, da der Kopf nur für wenige Millisekunden der Datenerfassung still gehalten werden muss. Darüber hinaus benötigt das Fachpersonal weniger Schulung, da digitale Programme in der Lage sind, die Oberflächenmorphologie zu vereinfachen und wiederholte Messungen an archivierten Patientendaten zu ermöglichen. Trotz der Komplexität, die eine anthropometrische Schädelvermessung mit sich bringt, gilt diese heutzutage in vielen Einrichtungen als Standard. Der Grund liegt in der teuren Finanzierung digitaler Aufnahmesysteme, die bislang vor allem Fachzentren vorenthalten sind.

Schlussendlich kann die Ergebnisqualität dieser Arbeit aufgrund der Berücksichtigung eines standardisierten Messprotokolls als aussagekräftig und nicht nachteilig gegenüber digitalen Messverfahren eingestuft werden. Diese Aussage wird durch Skolnick et al. belegt, die das konventionelle mit dem digitalen Verfahren verglichen (131). Obwohl die absoluten Messschiebermaße aufgrund des nachgebenden Weichgewebes bei Zirkelansatz konsequent kleinere Werte aufwiesen, konnten sie die gleichen relativen Messwerte zwischen den Probanden im digitalen und anthropometrischen Verfahren nachweisen. Zu dem gleichen Ergebnis kamen Schaaf et al., die vergleichbare Werte mit dem anthropometrischen Messzirkel sowie der digitalen Fotografie nachweisen konnten (100).

Dennoch sollten die vorliegenden Ergebnisse zur Festigung der Aussagekraft mit dreidimensionalen Messmethoden, wie beispielsweise die Stereophotogrammetrie bestätigt werden.

4.8 Vergleichbarkeit mit anderen Studien und Grenzen dieser Arbeit

Eine direkte Vergleichbarkeit der in dieser Arbeit vorgelegten Ergebnisse mit anderen Studien ist nur tendenziell gegeben. Dies ist darin begründet, dass die zugrundeliegenden Studienbedingungen je nach Fachzentrum und Ausstattung variieren. Somit existieren bereits Unterschiede bezüglich des oben genannten Messverfahrens oder der erhobenen Parameter zur Bestimmung des Behandlungserfolgs. Auch wenn sich viele Autoren der international anerkannten Kopfparameter der CVA, des CVAI und des CI bedienen, können je nach Definition und Auswahl der Messpunkte studienspezifische Modifikationen beobachtet werden. Somit lassen sich Verlaufswerte besser vergleichen als die absoluten Werte bei Beginn und Abschluss der Therapie (131). Der Behandlungserfolg und das Langzeitergebnis sind zudem von weiteren Faktoren

abhängig. Hierbei spielen die Größe der Studienpopulation, der Schweregrad der Deformation, das Alter bei Behandlungseintritt sowie die Compliance bezüglich der konsequenten Helmtragezeit von 23 Stunden täglich eine wichtige Rolle. Diese Komplexität lässt eine Studienreproduktion im Klinikalltag an unterschiedlichen Fachzentren kaum zu.

In dieser Arbeit sollte die komplette Bandbreite der Patienten im Praxisalltag widergespiegelt werden. Demnach erfolgte kein Ausschluss besonders schwerer Verformungstypen, was höhere mittlere Deformitätswerte bedingt haben könnte. Darüber hinaus wurde eine vergleichsmäßig geringe Stichprobe mit 58 Patienten ausgewertet. Auch andere Langzeitstudien arbeiteten bezüglich einer erneuten Überprüfung des Therapieergebnisses mit vergleichbar niedriger Patientenzahl (51, 59, 92). Da lediglich 58 der initialen 283 Patienten zur Nachsorgeuntersuchung erschienen sind, ist eine Verzerrung der Ergebnisse nicht auszuschließen, sollten vor allem Patienten mit erfolgreicher Therapie und hoher Zufriedenheit erschienen sein. Um die Aussagequalität dieser und anderer Langzeitstudien zur Stabilität des Behandlungsergebnisses nach Helmtherapie zu unterstreichen, sollten zukünftig Untersuchungen mit größerer Studienpopulation mittels digitaler Messverfahren durchgeführt werden. Somit könnten in den unterschiedlichen Diagnosegruppen zusätzliche Unterteilungen nach Ausprägungsgrad der Deformation und Alter bei Behandlungsbeginn vorgenommen werden, um weitere wichtige Erkenntnisse im Hinblick auf das Langzeitbehandlungsergebnis zu gewinnen. Zusätzlich könnten Nachuntersuchungen zur Überprüfung des endgültigen Therapieergebnisses standardisiert werden, damit für zukünftige Langzeitstudien eine größere Stichprobe zur Verfügung steht.

Da die Wirksamkeit der Koporthesen-therapie aus Sicht vieler Krankenkassen als „nicht ausreichend nachgewiesen“ gilt und somit die Kosten in vielen Fällen privat getragen werden müssen, sollte ein elterliches und medizinisches Interesse an weiteren Langzeitstudien bestehen.

4.9 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde das Therapie- und Langzeitergebnis nach erfolgter Kopforthesentherapie unter Berücksichtigung der Deformitätstypen Plagiocephalus, Brachycephalus und plagiobrachycephaler Mischform dargelegt.

Die vorgenommene Gruppenunterteilung nach Hinken et al. konnte als sinnvoll bewertet werden, liefert unter Beachtung der diagnosespezifischen Pathogenese genauere Ergebnisse und sollte daher auch in zukünftigen Studien Anwendung finden (83). Der Großteil der Patientenpopulation setzt sich aus der plagiobrachycephalen Mischform und rein plagiocephalen Patienten zusammen. Lediglich bei jedem vierten Patienten wird eine reine Brachycephalie diagnostiziert.

Im Rahmen der Kopforthesentherapie konnte in allen Diagnosegruppen eine Verbesserung der Kopfparameter erzielt werden. Somit stellt sie eine wirkungsvolle Therapieoption bei frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformitäten dar, wenn konservative Therapiemaßnahmen nicht den gewünschten Behandlungserfolg gezeigt haben. Hierbei konnte die Kopfasymmetrie bei den Patienten P und PB korrigiert werden und befand sich bei Therapieabschluss im Normbereich. Das zunächst pathologische Längen-Breiten-Verhältnis in den Gruppen B und PB konnte an den Normbereich angenähert werden. Hierbei zeigten die rein brachycephalen Patienten die größte Verringerung des CI und nicht, wie von Teichgräber et al. beschrieben, den geringsten Therapieerfolg im Deformitätstypenvergleich (95). In dieser Arbeit ist ein jüngeres Patientenalter bei Therapiebeginn mit einer niedrigeren CVA und CVAI zu Therapieanschluss korreliert. Auch beeinflussen höhere initiale Ausgangswerte die entsprechenden Kopfparameter zu Therapieabschluss positiv. Demnach ist die Wirksamkeit der Kopforthese insbesondere bei schweren Schädeldeformationen bewiesen.

Während die Kopforthesentherapie bei plagiocephalen Patienten in der Literatur vielfältig untersucht wurde, haben sich nur wenige Studien mit der reinen Brachycephalie befasst. Hier sollten in Zukunft weitere Untersuchungen zum Verständnis der Pathogenese sowie zur Wirksamkeit der Kopforthesentherapie und des Langzeitergebnisses durchgeführt werden.

Nach Therapieabschluss konnte eine Stabilität bzw. Verbesserung des Langzeitergebnisses beobachtet werden. Während die CVA und der CVAI in den Gruppen P und PB nahezu konstant waren, reduzierte sich der CI in den Gruppen B und PB weiter. Dies

unterstreicht, dass bei den verschiedenen Deformitätstypen charakteristische Unterschiede im Therapieverlauf sowie nach Behandlungsende bestehen und diese nicht, wie von Meyer-Marcotty vorgeschlagen, als Kontinuum angesehen werden sollten (94). Aus den Ergebnissen dieser Arbeit lassen sich sogar diagnosegruppenspezifische Therapieempfehlungen formulieren. Somit sollten Kopfasymmetrien bei plagio- und plagiobrachycephalen Patienten bestmöglich ausgeglichen werden, während bei vorliegender brachycephaler Komponente noch eine nachfolgende Verbesserung des Längen-Breiten-Verhältnisses zu erwarten ist. Das Alter bei Therapiebeginn und die Behandlungsdauer beeinflussten das Langzeitergebnis nicht. Letztlich sollten in nachfolgenden Studien die Veränderungen des CI nach Kopforthesentherapie weiter untersucht sowie Einflussfaktoren bestimmt werden, um die weitere Verbesserungskapazität nach Helmabnahme genauer einschätzen zu können.

Die Schwere der Deformitäten ist in allen Diagnosegruppen sehr ausgeprägt, was durch einen fehlenden Ausschluss von sehr schweren Deformitäten, die geringe Stichprobengröße oder Messungenauigkeiten im Rahmen der anthropometrischen Vermessung bedingt sein könnte. Daher sollten die Ergebnisse dieser Arbeit unter Berücksichtigung der genannten Faktoren überprüft werden. Letztlich konnte gezeigt werden, dass es sich bei der Kopforthesentherapie um ein Therapieverfahren handelt, dass vor allem von den Patienten gut toleriert wird und eine hohe elterliche Zufriedenheit im Langzeitergebnis aufweist.

5. Zusammenfassung

Frühkindliche lagebedingte Schädeldeformitäten beschreiben nicht-synostotische Kopfdeformierungen mit meist nachgeburtlicher Ätiologie. Hierbei kann zwischen den Deformitätstypen Plagiocephalus, Brachycephalus und plagiobrachycephaler Mischform unterschieden werden. Seit 1992 ist mit Einführung der „Back-to-Sleep-Kampagne“ ein starker Inzidenzanstieg von frühkindlichen lagebedingten Schädeldeformitäten mit aktueller Inzidenz von 19,7 % bis 48 % zu verzeichnen (27-30). Zur Vermeidung von funktionell-ästhetischen Folgeschäden stellt die Kopforthesentherapie eine effektive Behandlungsmaßnahme bei Kindern mit schwerer Schädeldeformation dar, wenn konservative Therapiemaßnahmen nicht den gewünschten Erfolg erzielen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das deformitätsspezifische Therapie- sowie Langzeitergebnis von 58 orthetisch behandelten Patienten aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Uniklinik Köln untersucht und die elterliche Zufriedenheit mittels eines Fragebogens erfasst. Die Unterteilung nach Deformitätstypen erfolgte nach der Klassifikation von Hinken et al. anhand der initialen Kopfparameter der CVA und des CI.

Hierbei stellen die plagiobrachycephalen ($n = 26$) und die rein plagiocephalen Patienten ($n = 18$) mit 75,86 % den Großteil der Studienpopulation dar. Die Diagnose einer Brachycephalie konnte in 24,24 % ($n = 14$) aller Fälle gestellt werden. Im Rahmen der anthropometrischen Schädelvermessung wurden die Kopfparameter CVA, CVAI und CI zu Therapiebeginn, -abschluss sowie im Rahmen der Nachuntersuchung 3,85 Jahre nach Helmabnahme erfasst. Die statistische Auswertung des Therapieerfolgs sowie des Langzeitergebnisses erfolgte mittels eines gepaarten t-Tests zur mittleren Reduktion der Kopfparameter. Eine Regressionsanalyse diente der Identifizierung möglicher Einflussfaktoren.

Für den Therapieerfolg sowie das Langzeitergebnis zeigen sich diagnosegruppenspezifische Unterschiede. Im Therapieverlauf kann eine signifikante Abnahme des CVA- sowie CVAI-Werts in den Gruppen P ($p < 0,001$) und PB ($p < 0,001$) beobachtet werden. Mit Reduktionswerten von 1,67 cm bzw. 13,67 % und 1,47 cm bzw. 12,24 % normalisiert sich die initiale Schädelasymmetrie. Der CI verringert sich in der Gruppe B um 7,36 % ($p < 0,001$) und in der Gruppe PB um 6,93 % ($p < 0,001$) signifikant und nähert sich dem physiologischen Bereich an. Das Langzeitergebnis zeigt eine Stabilität der CVA und des CVAI, während sich das Längen-Breiten-Verhältnis in den Gruppen B und PB mit einer

CI-Reduktion von 4,30 % ($p < 0,001$) bzw. 3,47 % ($p < 0,001$) weiterhin signifikant verbessert. Es kann nachgewiesen werden, dass sich ein junges Patientenalter positiv auf die Verbesserung einer Asymmetrie im Therapieverlauf auswirkt. Hohe Ausgangswerte der Kopfparameter korrelieren mit einer stärkeren Verbesserung der Kopfdeformation während der Behandlung.

Die Kopforthesentherapie zeigte bei allen Deformitätstypen eine hohe Wirksamkeit. Bei rein plagioccephalen Patienten konnte die Deformation im Therapieverlauf vollständig normalisiert werden, während brachycephale sowie plagiobrachycephale Patienten erst nach Therapieende ein Längen-Breiten-Verhältnis im physiologischen Bereich unter 90 % erzielen konnten. Die Elternbefragung zeigte sowohl eine hohe kindliche Tragetoleranz (94,83 %) als auch eine hohe elterliche Zufriedenheit bezüglich des Therapieergebnisses und des Therapieverlaufs. Somit würden alle Eltern (100 %) die Kopforthesentherapie erneut wählen.

Der Datenvergleich mit anderen Studien ist nur bedingt gegeben. Die mittlere initiale Schwere der Deformitätstypen weist im Literaturvergleich sehr hohe Werte auf. Dies kann auf die geringe Stichprobengröße ohne Ausschluss von besonders schweren Deformitäten zurückgeführt werden. Darüber hinaus sollten fortan digitale Messverfahren zur Bestätigung der Ergebnisse angewendet werden.

Letztlich kann die Wirksamkeit der Kopforthesentherapie bestätigt werden. Es handelt sich um eine angenehme Therapieform, die gut in den häuslichen Alltag integrierbar ist und eine hohe elterliche Zufriedenheit aufweist. Zukünftig sollte in der klinischen Praxis eine differenzierte Betrachtung der unterschiedlichen Deformitätstypen erfolgen, da charakteristische Therapieverläufe und Langezeitergebnisse zu erwarten sind.

6. Literaturverzeichnis

1. Paris CA, Remler R, Daling JR. Risk factors for sudden infant death syndrome: Changes associated with sleep position recommendations. *The Journal of Pediatrics*. 2001;139(6):771-7.
2. Graham JM, Jr., Gomez M, Halberg A, Earl DL, Kreutzman JT, Cui J, et al. Management of deformational plagiocephaly: repositioning versus orthotic therapy. *J Pediatr*. 2005;146(2):258-62.
3. Bruner TW, David LR, Gage HD, Argenta LC. Objective Outcome Analysis of Soft Shell Helmet Therapy in the Treatment of Deformational Plagiocephaly. *J Craniofac Surg*. 2004;15(4):643-50.
4. Vles JS, Colla C, Weber JW, Beuls E, Wilmink J, Kingma H. Helmet versus nonhelmet treatment in nonsynostotic positional posterior plagiocephaly. *J Craniofac Surg*. 2000;11(6):572-4.
5. Freudlsperger C, Steinmacher S, Saure D, Bodem JP, Kuhle R, Hoffmann J, et al. Impact of severity and therapy onset on helmet therapy in positional plagiocephaly. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44(2):110-5.
6. Beck M. Anatomie des Neugeborenen unter besonderer Berücksichtigung des Schädels und der oberen Halswirbelsäule. *Osteopathische Medizin*. 2012;13(2):4-8.
7. Hebgen E. 7 Kraniosakrale Osteopathie (I). 2017. In: *Lehrbuch Osteopathie* [Internet]. Stuttgart: Karl F. Haug Verlag. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage.
8. Friedmann G. Die Schädelnähte und ihre Pathologie. *Röntgendiagnostik des Schädels I/Roentgen Diagnosis of the Skull I*: Springer; 1963. p. 122-52.
9. Zöller JE. *Kraniofaziale Chirurgie: Diagnostik und Therapie kraniofazialer Fehlbildungen*; 16 Tabellen: Georg Thieme Verlag; 2003.
10. Turk AE, McCarthy JG, Thorne CH, Wisoff JH. The "back to sleep campaign" and deformational plagiocephaly: is there cause for concern? *J Craniofac Surg*. 1996;7(1):12-8.
11. Schienkiewitz A, Schaffrath-Rosario A, Neuhauser HK. Kopfumfang bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *medizinische genetik*. 2015;27(4):341-4.
12. Neuhauser H, Schienkiewitz A, Rosario AS, Dortschy R, Kurth B-M. Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS). Robert Koch-Institut; 2013.
13. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. *Prometheus: LernAtlas der Anatomie Kopf, Hals und Neuroanatomie*. 3rd ed. Stuttgart: Georg Thieme 2012.
14. Platzer W. *Taschenatlas anatomie*: Georg Thieme Verlag; 2009.
15. Johnson D, Wilkie AO. Craniosynostosis. *Eur J Hum Genet*. 2011;19(4):369-76.
16. Liniger B. Craniosynostose. *Kinderärzte Schweiz*. 2018;2018(1):32-5.
17. Schwenzer N, Ehrenfeld M. *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*: Georg Thieme Verlag; 2010.
18. Tamburrini G, Caldarelli M, Massimi L, Gasparini G, Pelo S, Di Rocco C. Complex craniosynostoses: a review of the prominent clinical features and the related management strategies. *Childs Nerv Syst*. 2012;28(9):1511-23.
19. Freudlsperger C, Castrillón-Oberndorfer G, Hoffmann J, Engel M. *MKG-Chirurg*. 2013.

20. Blecher J. Nicht alles wächst sich aus. *Osterr Hebammenztg.* 2008;2:2008.
21. Blecher C, Kunz C, Mayr J, Schwenzer-Zimmerer K. Helmtherapie: konservative Kopfmodellierung. *Der MKG-Chirurg.* 2012;5(4):289-96.
22. Dörhage K. Ursache und Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie. *Manuelle Medizin.* 2010;48(2):125-34.
23. Littlefield TR, Beals SP, Manwaring KH, Pomatto JK, Joganic EF, Golden KA, et al. Treatment of Craniofacial Asymmetry With Dynamic Orthotic Cranioplasty. *J Craniofac Surg.* 1998;9(1).
24. Gunn AJ, Gunn TR, Mitchell EA. CLINICAL REVIEW ARTICLE: Is changing the sleep environment enough? Current recommendations for SIDS. *Sleep Med Rev.* 2000;4(5):453-69.
25. Fleming PJ, Blair PS, Bacon C, Bensley D, Smith I, Taylor E, et al. Environment of infants during sleep and risk of the sudden infant death syndrome: results of 1993-5 case-control study for confidential inquiry into stillbirths and deaths in infancy. Confidential Enquiry into Stillbirths and Deaths Regional Coordinators and Researchers. *BMJ.* 1996;313(7051):191-5.
26. Changing concepts of sudden infant death syndrome: implications for infant sleeping environment and sleep position. American Academy of Pediatrics. Task Force on Infant Sleep Position and Sudden Infant Death Syndrome. *Pediatrics.* 2000;105(3 Pt 1):650-6.
27. Cunningham ML, Heike CL. Evaluation of the infant with an abnormal skull shape. *Curr Opin Pediatr.* 2007;19(6):645-51.
28. Hutchison BL, Hutchison LA, Thompson JM, Mitchell EA. Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life: a prospective cohort study. *Pediatrics.* 2004;114(4):970-80.
29. Saeed NR, Wall SA, Dhariwal DK. Management of positional plagiocephaly. *Arch Dis Child.* 2008;93(1):82.
30. Aarnivala H, Vuollo V, Harila V, Heikkinen T, Pirttiniemi P, Holmstrom L, et al. The course of positional cranial deformation from 3 to 12 months of age and associated risk factors: a follow-up with 3D imaging. *Eur J Pediatr.* 2016;175(12):1893-903.
31. Willenborg H. „Back to sleep“ plus „tummy time“. *pädiatrie: Kinder- und Jugendmedizin hautnah.* 2011;23(4):300-9.
32. Joganic JL, Lynch JM, Littlefield TR, Verrelli BC. Risk factors associated with deformational plagiocephaly. *Pediatrics.* 2009;124(6):e1126-33.
33. Mawji A, Vollman AR, Fung T, Hatfield J, McNeil DA, Sauve R. Risk factors for positional plagiocephaly and appropriate time frames for prevention messaging. *Paediatr Child Health.* 2014;19(8):423-7.
34. Linz C, Kunz F, Böhm H, Schweitzer T. Lagerungsbedingte Schädeldeformitäten. *Dtsch Arztebl International.* 2017;114(31-32):535-42.
35. Stucker R. [Plagiocephaly associated with infant asymmetry]. *Z Orthop Unfall.* 2009;147(4):503-10; quiz 11-2.
36. Littlefield TR, Kelly KM, Pomatto JK, Beals SP. Multiple-birth infants at higher risk for development of deformational plagiocephaly. *Pediatrics.* 1999;103(3):565-9.
37. De Bock F, Braun V, Renz-Polster H. Deformational plagiocephaly in normal infants: a systematic review of causes and hypotheses. *Arch Dis Child.* 2017;102(6):535-42.

38. Hutchison BL, Thompson JM, Mitchell EA. Determinants of nonsynostotic plagiocephaly: a case-control study. *Pediatrics*. 2003;112(4):e316.
39. Dunn P. Congenital postural deformities. *Br Med Bull*. 1976;32(1):71-6.
40. van Vlimmeren LA, van der Graaf Y, Boere-Boonekamp MM, L'Hoir MP, Helders PJ, Engelbert RH. Risk factors for deformational plagiocephaly at birth and at 7 weeks of age: a prospective cohort study. *Pediatrics*. 2007;119(2):e408-18.
41. Sergueef N, Nelson KE, Glonek T. Palpatory diagnosis of plagiocephaly. *Complement Ther Clin Pract*. 2006;12(2):101-10.
42. Losee JE, Mason AC, Dudas J, Hua LB, Mooney MP. Nonsynostotic occipital plagiocephaly: factors impacting onset, treatment, and outcomes. *Plast Reconstr Surg*. 2007;119(6):1866-73.
43. Peitsch WK, Keefer CH, LaBrie RA, Mulliken JB. Incidence of cranial asymmetry in healthy newborns. *Pediatrics*. 2002;110(6):e72.
44. Loveday BP, de Chalain TB. Active counterpositioning or orthotic device to treat positional plagiocephaly? *J Craniofac Surg*. 2001;12(4):308-13.
45. Rogers GF. Deformational Plagiocephaly, Brachycephaly, and Scaphocephaly. Part I: Terminology, Diagnosis, and Etiopathogenesis. *J Craniofac Surg*. 2011;22(1):9-16.
46. Argenta L. Clinical Classification of Positional Plagiocephaly. *J Craniofac Surg*. 2004;15(3).
47. Branch LG, Kesty K, Krebs E, Wright L, Leger S, David LR. Argenta Clinical Classification of Deformational Plagiocephaly. *J Craniofac Surg*. 2015;26(3):606-10.
48. Spermon J, Spermon-Marijnen R, Scholten-Peeters W. Clinical Classification of Deformational Plagiocephaly According to Argenta: A Reliability Study. *J Craniofac Surg*. 2008;19(3):664-8.
49. van Wijk RM, van Vlimmeren LA, Groothuis-Oudshoorn CG, Van der Ploeg CP, IJzerman MJ, Boere-Boonekamp MM. Helmet therapy in infants with positional skull deformation: randomised controlled trial. *BMJ*. 2014;348:g2741.
50. Boere-Boonekamp MM, van der Linden-Kuiper LL. Positional preference: prevalence in infants and follow-up after two years. *Pediatrics*. 2001;107(2):339-43.
51. Naidoo SD, Skolnick GB, Galli AD, Jr., Patel KB. Head Shape Retention Following Helmet Therapy for Deformational Plagiocephaly. *J Craniofac Surg*. 2019.
52. Collett BR, Leroux BG, Wallace ER, Gallagher E, Shao J, Speltz ML. Head shape at age 36 months among children with and without a history of positional skull deformation. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;21(3):204-13.
53. Miller RI, Clarren SK. Long-term developmental outcomes in patients with deformational plagiocephaly. *Pediatrics*. 2000;105(2):e26-e.
54. Robinson S, Proctor M. Diagnosis and management of deformational plagiocephaly. *J Neurosurg Pediatr*. 2009;3(4):284-95.
55. Kelly KM, Joganic EF, Beals SP, Riggs JA, McGuire MK, Littlefield TR. Helmet Treatment of Infants With Deformational Brachycephaly. *Global Pediatric Health*. 2018;5:2333794X18805618.
56. Binkiewicz-Glińska A, Mianowska A, Sokołów M, Reńska A, Ruckeman-Dziurdzińska K, Bakula S, et al. Early diagnosis and treatment of children with skull deformations. The challenge of modern medicine. *Developmental Period Medicine*. 2016;20(4):289-95.

57. Kunz F, Schweitzer T, Große S, Waßmuth N, Stellzig-Eisenhauer A, Böhm H, et al. Head orthosis therapy in positional plagiocephaly: longitudinal 3D-investigation of long-term outcomes, compared with untreated infants and with a control group. *Eur J Orthod.* 2019;41(1):29-37.
58. Kluba S, Roßkopf F, Kraut W, Peters JP, Calgeer B, Reinert S, et al. Malocclusion in the primary dentition in children with and without deformational plagiocephaly. *Clin Oral Investig.* 2016;20(9):2395-401.
59. Lee RP, Teichgraeber JF, Baumgartner JE, Waller AL, English JD, Lasky RE, et al. Long-term treatment effectiveness of molding helmet therapy in the correction of posterior deformational plagiocephaly: a five-year follow-up. *Cleft Palate Craniofac J.* 2008;45(3):240-5.
60. St. John D, Mulliken JB, Kaban LB, Padwa BL. Anthropometric analysis of mandibular asymmetry in infants with deformational posterior plagiocephaly. *J Oral Maxillofac Surg.* 2002;60(8):873-7.
61. Zöller J, Grandoch A. Schädeldeformitäten–Kraniosynostosen und lagebedingte Wachstumsstörungen. *Pädiatrie up2date.* 2017;12(04):355-70.
62. Gupta PC, Foster J, Crowe S, Papay FA, Luciano M, Traboulsi EI. Ophthalmologic Findings in Patients With Nonsyndromic Plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2003;14(4).
63. Panchal J, Amirshaybani H, Gurwitch R, Cook V, Francel P, Neas B, et al. Neurodevelopment in children with single-suture craniosynostosis and plagiocephaly without synostosis. *Plast Reconstr Surg.* 2001;108(6):1492-8; discussion 9-500.
64. Kordestani RK, Panchal J. Neurodevelopment delays in children with deformational plagiocephaly. *Plast Reconstr Surg.* 2006;118(3):808-9; author reply 9-10.
65. Collett BR, Wallace ER, Kartin D, Cunningham ML, Speltz ML. Cognitive Outcomes and Positional Plagiocephaly. *Pediatrics.* 2019;143(2).
66. Kennedy E, Majnemer A, Farmer J-P, Barr RG, Platt RW. Motor development of infants with positional plagiocephaly. *Taylor & Francis;* 2009.
67. Laughlin J, Luerssen TG, Dias MS. Prevention and management of positional skull deformities in infants. *Pediatrics.* 2011;128(6):1236-41.
68. Moss SD. Nonsurgical, nonorthotic treatment of occipital plagiocephaly: what is the natural history of the misshapen neonatal head? *1997;87(5):667.*
69. Losee JE, Mason AC. Deformational plagiocephaly: diagnosis, prevention, and treatment. *Clin Plast Surg.* 2005;32(1):53-64.
70. Dörhage K. Klinische Bedeutung, Prophylaxe und Therapie der lagebedingte Plagiozephalie. *Manuelle Medizin.* 2010;48(2):135-40.
71. Kaplan SL, Coulter C, Fetters L. Physical Therapy Management of Congenital Muscular Torticollis: An Evidence-Based Clinical Practice Guideline FROM THE SECTION ON PEDIATRICS OF THE AMERICAN PHYSICAL THERAPY ASSOCIATION. *Pediatr Phys Ther.* 2013;25(4).
72. van Vlimmeren LA, van der Graaf Y, Boere-Boonekamp MM, L'Hoir MP, Helders PJM, Engelbert RHH. Effect of Pediatric Physical Therapy on Deformational Plagiocephaly in Children With Positional Preference: A Randomized Controlled Trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2008;162(8):712-8.
73. Kluba S, Kraut W, Reinert S, Krimmel M. What is the optimal time to start helmet therapy in positional plagiocephaly? *Plast Reconstr Surg.* 2011;128(2):492-8.

74. Rogers GF, Miller J, Mulliken JB. Comparison of a Modifiable Cranial Cup versus Repositioning and Cervical Stretching for the Early Correction of Deformational Posterior Plagiocephaly. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(3).
75. Flannery AM, Tamber MS, Mazzola C, Klimo P, Jr., Baird LC, Tyagi R, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines for the Management of Patients with Positional Plagiocephaly: Executive Summary. *Neurosurgery.* 2016;79(5):623-4.
76. Cabrera-Martos I, Valenza MC, Valenza-Demet G, Benítez-Feliponi A, Robles-Vizcaíno C, Ruiz-Extremera A. Effects of manual therapy on treatment duration and motor development in infants with severe nonsynostotic plagiocephaly: a randomised controlled pilot study. *Childs Nerv Syst.* 2016;32(11):2211-7.
77. Philippi H, Faldum A, Schleupen A, Pabst B, Jung T, Bergmann H, et al. Infantile postural asymmetry and osteopathic treatment: a randomized therapeutic trial. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(1):5-9.
78. Lessard S, Gagnon I, Trottier N. Exploring the impact of osteopathic treatment on cranial asymmetries associated with nonsynostotic plagiocephaly in infants. *Complement Ther Clin Pract.* 2011;17(4):193-8.
79. Amiel-Tison C, Soyeze-Papiernik E. Die Rolle der Osteopathie in der Korrektur von Schädeldeformierungen bei Neugeborenen und Kleinstkindern. *Osteopathische Medizin.* 2009;10(4):10-5.
80. Kluba S, Kraut W, Calgeer B, Reinert S, Krimmel M. Treatment of positional plagiocephaly—Helmet or no helmet? *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery.* 2014;42(5):683-8.
81. Kim SY, Park M-S, Yang J-I, Yim S-Y. Comparison of helmet therapy and counter positioning for deformational plagiocephaly. *Annals of rehabilitation medicine.* 2013;37(6):785.
82. Kammler G. Schädeldeformitäten diagnostizieren und rechtzeitig behandeln. *Pädiatrie.* 2020;32(1):52-7.
83. Hinken L, Willenborg H, Davila LA, Daentzer D. Outcome analysis of molding helmet therapy using a classification for differentiation between plagiocephaly, brachycephaly and combination of both. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019.
84. Branch LG, Kesty K, Krebs E, Wright L, Leger S, David LR. Deformational plagiocephaly and craniosynostosis: trends in diagnosis and treatment after the "back to sleep" campaign. *J Craniofac Surg.* 2015;26(1):147-50.
85. de Ribaupierre S, Vernet O, Rilliet B, Cavin B, Kalina D, Leyvraz P. Posterior positional plagiocephaly treated with cranial remodeling orthosis. *Swiss Med Wkly.* 2007;137(25-26):368-72.
86. Thompson JT, David LR, Wood B, Argenta A, Simpson J, Argenta LC. Outcome analysis of helmet therapy for positional plagiocephaly using a three-dimensional surface scanning laser. *J Craniofac Surg.* 2009;20(2):362-5.
87. Wen J, Qian J, Zhang L, Ji C, Guo X, Chi X, et al. Effect of helmet therapy in the treatment of positional head deformity. *J Paediatr Child Health.* 2020;56(5):735-41.
88. Freudlsperger C, Bodem JP, Kargus S, Castrillon-Oberndorfer G, Hoffman J, Engel M. The Incidence of Complications Associated With Molding Helmet Therapy: An Avoidable Risk in the Treatment of Positional Head Deformities? *J Craniofac Surg.* 2015;26(4):e299-302.

89. Wilbrand JF, Wilbrand M, Malik CY, Howaldt HP, Streckbein P, Schaaf H, et al. Complications in helmet therapy. *J Craniomaxillofac Surg*. 2012;40(4):341-6.
90. Gump WC, Mutchnick IS, Moriarty TM. Complications associated with molding helmet therapy for positional plagiocephaly: a review. *Neurosurg Focus*. 2013;35(4):E3.
91. Govaert B, Michels A, Colla C, Van der Hulst R. Molding therapy of positional plagiocephaly: subjective outcome and quality of life. *J Craniofac Surg*. 2008;19(1):56-8.
92. Naidoo SD, Skolnick GB, Patel KB, Woo AS, Cheng A-L. Long-term outcomes in treatment of deformational plagiocephaly and brachycephaly using helmet therapy and repositioning: a longitudinal cohort study. *Childs Nerv Syst*. 2015;31(9):1547-52.
93. Choi H, Lim SH, Kim JS, Hong BY. Outcome Analysis of the Effects of Helmet Therapy in Infants with Brachycephaly. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(4).
94. Meyer-Marcotty P, Böhm H, Linz C, Kochel J, Blecher C, Keil N, et al. Spectrum of positional deformities – Is there a real difference between plagiocephaly and brachycephaly? *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2014;42(6):1010-6.
95. Teichgraber JF, Seymour-Dempsey K, Baumgartner JE, Xia JJ, Waller AL, Gateno J. Molding Helmet Therapy in the Treatment of Brachycephaly and Plagiocephaly. *J Craniofac Surg*. 2004;15(1).
96. Wilbrand J-F, Wilbrand M, Pons-Kuehnemann J, Blecher J-C, Christophis P, Howaldt H-P, et al. Value and reliability of anthropometric measurements of cranial deformity in early childhood. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2011;39(1):24-9.
97. Mortenson PA, Steinbok P. Quantifying positional plagiocephaly: reliability and validity of anthropometric measurements. *J Craniofac Surg*. 2006;17(3):413-9.
98. Likus W, Bajor G, Gruszczyńska K, Baron J, Markowski J, Machnikowska-Sokołowska M, et al. Cephalic Index in the First Three Years of Life: Study of Children with Normal Brain Development Based on Computed Tomography. *The Scientific World Journal*. 2014;2014:502836.
99. Hutchison BL, Hutchison LA, Thompson JM, Mitchell EA. Quantification of plagiocephaly and brachycephaly in infants using a digital photographic technique. *Cleft Palate Craniofac J*. 2005;42(5):539-47.
100. Schaaf H, Malik CY, Streckbein P, Pons-Kuehnemann J, Howaldt H-P, Wilbrand J-F. Three-dimensional photographic analysis of outcome after helmet treatment of a nonsynostotic cranial deformity. *J Craniofac Surg*. 2010;21(6):1677-82.
101. Wilbrand J-F, Schmidtberg K, Bierther U, Streckbein P, Pons-Kuehnemann J, Christophis P, et al. Clinical Classification of Infant Nonsynostotic Cranial Deformity. *The Journal of Pediatrics*. 2012;161(6):1120-5.e1.
102. Bialocerkowski AE, Vladusic SL, Wei Ng C. Prevalence, risk factors, and natural history of positional plagiocephaly: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*. 2008;50(8):577-86.
103. Mulliken JB, Vander Woude DL, Hansen M, LaBrie RA, Scott RM. Analysis of posterior plagiocephaly: deformational versus synostotic. *Plast Reconstr Surg*. 1999;103(2):371-80.
104. Kelly KM, Littlefield TR, Pomatto JK, Manwaring KH, Beals SP. Cranial Growth Unrestricted during Treatment of Deformational Plagiocephaly. *Pediatr Neurosurg*. 1999;30(4):193-9.

105. Mawji A, Vollman AR, Fung T, Hatfield J, McNeil DA, Sauvé R. Risk factors for positional plagiocephaly and appropriate time frames for prevention messaging. *Paediatr Child Health*. 2014;19(8):423-7.
106. Cevik S, Isik S, Ozkiloglu A. The role of age on helmet therapy in deformational plagiocephaly and asymmetric brachycephaly. *Childs Nerv Syst*. 2020;36(4):803-10.
107. Launonen AM, Aarnivala H, Kyteas P, Vuollo V, Heikkinen T, Kau CH, et al. A 3D Follow-Up Study of Cranial Asymmetry from Early Infancy to Toddler Age after Preterm versus Term Birth. *J Clin Med*. 2019;8(10).
108. McKinney CM, Cunningham ML, Holt VL, Leroux B, Starr JR. A case-control study of infant, maternal and perinatal characteristics associated with deformational plagiocephaly. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2009;23(4):332-45.
109. Jung BK, Yun IS. Diagnosis and treatment of positional plagiocephaly. *Arch Craniofac Surg*. 2020;21(2):80-6.
110. Mortenson P, Steinbok P, Smith D. Deformational plagiocephaly and orthotic treatment: indications and limitations. *Childs Nerv Syst*. 2012;28(9):1407-12.
111. Han MH, Kang JY, Han HY, Cho YH, Jang DH. Relationship between starting age of cranial-remolding-orthosis therapy and effectiveness of treatment in children with deformational plagiocephaly. *Childs Nerv Syst*. 2017;33(8):1349-56.
112. Kreutz M, Fitze B, Blecher C, Marcello A, Simon R, Cremer R, et al. Facial asymmetry correction with moulded helmet therapy in infants with deformational skull base plagiocephaly. *J Craniomaxillofac Surg*. 2018;46(1):28-34.
113. Collett BR, Heike CL, Atmosukarto I, Starr JR, Cunningham ML, Speltz ML. Longitudinal, Three-Dimensional Analysis of Head Shape in Children with and without Deformational Plagiocephaly or Brachycephaly. *The Journal of Pediatrics*. 2012;160(4):673-8.e1.
114. Steinberg JP, Rawlani R, Humphries LS, Rawlani V, Vicari FA. Effectiveness of Conservative Therapy and Helmet Therapy for Positional Cranial Deformation. *Plast Reconstr Surg*. 2015;135(3).
115. Kluba S, Lypke J, Kraut W, Krimmel M, Haas-Lude K, Reinert S. Preclinical pathways to treatment in infants with positional cranial deformity. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2014;43(10):1171-5.
116. Seruya MO, Albert K; Taylor, Jonathan H; Sauerhammer, Tina M; Rogers, Gary F. Helmbehandlung der Deformationsplagiozephalie: das Verhältnis zwischen dem Alter zu Beginn und der Korrekturrate. *Plast Reconstr Surg* 131 (1): 55e-61e, 2013 Jan
117. Xia JJ, Kennedy KA, Teichgraber JF, Wu KQ, Baumgartner JB, Gateno J. Nonsurgical Treatment of Deformational Plagiocephaly: A Systematic Review. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2008;162(8):719-27.
118. Graham JM, Jr., Kreutzman J, Earl D, Halberg A, Samayoa C, Guo X. Deformational brachycephaly in supine-sleeping infants. *J Pediatr*. 2005;146(2):253-7.
119. Hallac RR, Ajiwe T, Effendi M, Seaward JR, Kane AA. Molding Helmet Therapy for Deformational Brachycephaly. *J Craniofac Surg*. 2019.
120. Rowland K, Das N. PURLs: helmets for positional skull deformities: a good idea, or not? *J Fam Pract*. 2015;64(1):44-6.

121. Rosenbaum T, Borusiak P, Schweitzer T, Berweck S, Sprinz A, Straßburg H, et al. Dynamische Kopforthesen („Helmtherapie“). Stellungnahme der gemeinsamen Therapiekommission der Gesellschaft für Neuropädiatrie und der Deutschen Gesellschaft für Sozialpädiatrie und Jugendmedizin. 2012;4-9.
122. Yoo HS, Rah DK, Kim YO. Outcome analysis of cranial molding therapy in nonsynostotic plagiocephaly. Archives of plastic surgery. 2012;39(4):338-44.
123. Kim DG, Lee JS, Lee JW, Yang JD, Chung HY, Cho BC, et al. The effects of helmet therapy relative to the size of the anterior fontanelle in nonsynostotic plagiocephaly: A retrospective study. Journal of clinical medicine. 2019;8(11):1977.
124. Bachem R, Metzler P, Blasimann Schwarz A, Baur H. Kopforthese: Therapie der Wahl bei Schädeldeformationen von Säuglingen?: eine retrospektive Studie. Kinderärzte Schweiz. 2018;1:38-40.
125. Feijen M, Franssen B, Vincken N, van der Hulst RRWJ. Prevalence and Consequences of Positional Plagiocephaly and Brachycephaly. J Craniofac Surg. 2015;26(8).
126. Kunz F, Schweitzer T, Kunz J, Wassmuth N, Stellzig-Eisenhauer A, Böhm H, et al. Head Orthosis Therapy in Positional Plagiocephaly: Influence of Age and Severity of Asymmetry on Effect and Duration of Therapy. Plast Reconstr Surg. 2017;140(2):349-58.
127. Hutchison B, Stewart A, Mitchell E. Deformational plagiocephaly: a follow-up of head shape, parental concern and neurodevelopment at ages 3 and 4 years. Arch Dis Child. 2011;96(1):85-90.
128. Steinbok P, Lam D, Singh S, Mortenson PA, Singhal A. Long-term outcome of infants with positional occipital plagiocephaly. Childs Nerv Syst. 2007;23(11):1275-83.
129. Van Vlimmeren LA, Takken T, Van Adrichem LN, Van Der Graaf Y, Helders PJ, Engelbert RH. Plagiocephalometry: a non-invasive method to quantify asymmetry of the skull; a reliability study. Eur J Pediatr. 2006;165(3):149-57.
130. Geil MD, Smith A. Accuracy and Reliability of a System for the Digital Capture of Infant Head Shapes in the Treatment of Cranial Deformities. JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics. 2008;20(2).
131. Skolnick GB, Naidoo SD, Nguyen DC, Patel KB, Woo AS. Comparison of Direct and Digital Measures of Cranial Vault Asymmetry for Assessment of Plagiocephaly. J Craniofac Surg. 2015;26(6).

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Schädel-Hirn-Wachstum in den ersten 20 Lebensjahren, die gestrichelte Linie markiert das Schädelvolumen nach zwei Lebensjahren, Abbildung mod. nach (9)..... 9
- Abbildung 2:** Anatomische Darstellung der Suturen (schwarz hervorgehoben) sowie der Fonticuli (mit Kastenmarkierung) aus kranialer Ansicht (oben) und lateraler Ansicht (unten) 10
- Abbildung 3:** Klinisches Beispiel für eine plagiocephale Kopfform: Frontal-, Lateral- und Kranialansicht (hier: Darstellung der parallelogrammhaften Kopfasymmetrie) (Abbildung aus eigenem Patientengut) 16
- Abbildung 4:** Klinisches Beispiel für eine brachycephale Kopfform: Frontal-, Lateral- und Kranialansicht (Abbildung aus eigenem Patientengut) 17
- Abbildung 5:** Klinisches Beispiel für eine plagiobrachycephale Kopfform: Frontal-, Lateral- und Kranialansicht (Abbildung aus eigenem Patientengut) 18
- Abbildung 6:** Fünf Typen der Plagiocephalie nach Argenta (46), Abbildung aus (34)..... 19
- Abbildung 7:** Drei Typen der Brachycephalie nach Argenta (46), Abbildung aus (34)..... 20
- Abbildung 8:** Wachstumsumlenkung in den freien Bereich der Kopforthese bei einer Kopfasymmetrie (links) und einem zu kurzen Kopf (mittig). Der rote Pfeil verdeutlicht die Wachstumsrichtung in eine ideale Form (rechts) 26

Abbildung 9: Fotoapparatur zur Erfassung der dreidimensionalen Kopfproportionen für die Herstellung einer individuellen Kopforthese	31
Abbildung 10: Laterale und kraniale Ansicht einer Kopforthese der Firma Cranioform®	32
Abbildung 11: Links: Messzirkel (Kephalometer), rechts: Durchführung der Schädelvermessung bei fixiertem Säuglingskopf	35
Abbildung 12: Darstellung der zu identifizierenden Messpunkte vor Ansatz des Messzirkels	36
Abbildung 13: Darstellung der Messtrecken Schädellänge (L), Schädelbreite (Br), lange Schädeldiagonale (D1) sowie kurze Schädeldiagonale (D2)	37
Abbildung 14: Darstellung der Vermessungszeitpunkte an einem Patientenbeispiel zu T1 (Therapiebeginn), T2 (Therapieabschluss) und T3 (Nachuntersuchung)	39
Abbildung 15: Relative Häufigkeit der Deformationstypen	44
Abbildung 16: Absolute Häufigkeit der Geschlechterverteilung	45
Abbildung 17: Mittelwerte des Alters bei Therapiebeginn in Monaten und Standardabweichung	47
Abbildung 18: Mittelwerte für die CVA in cm mit Standardabweichung	49
Abbildung 19: Mittelwerte für den CVAI in Prozent mit Standardabweichung	50
Abbildung 20: Mittelwerte für den CI in Prozent mit Standardabweichung	51
Abbildung 21: Mittelwerte der Behandlungsdauer in Monaten und Standardabweichung	52
Abbildung 22: Mittelwerte für den Zeitraum zwischen Therapieabschluss (T2) und Nachuntersuchung (T3) in Jahren	53

Abbildung 23: Entwicklung der mittleren CVA zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	56
Abbildung 24: Entwicklung des mittleren CVAI zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	59
Abbildung 25: Entwicklung des mittleren CI zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	62
Abbildung 26: Entwicklung des mittleren CVAI und CI in der Gruppe P zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	65
Abbildung 27: Klinisches Erscheinungsbild für einen Patienten der Gruppe P aus kranialer (oben) und lateraler Ansicht (unten) zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	65
Abbildung 28: Entwicklung des mittleren CVAI und CI in der Gruppe B zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	67
Abbildung 29: Klinisches Erscheinungsbild für einen Patienten der Gruppe B aus kranialer (oben) und lateraler Ansicht (unten) zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	67
Abbildung 30: Entwicklung des mittleren CVAI und CI in der Gruppe PB zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	69
Abbildung 31: Klinisches Erscheinungsbild für einen Patienten der Gruppe PB aus kranialer (oben) und lateraler Ansicht (unten) zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3)	69

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Literaturquellen zur Definition des Normbereichs des CI.....	39
Tabelle 2:	Einteilung der Diagnosegruppen nach Hinken et al. (84).....	43
Tabelle 3:	Risikofaktoren in Prozent für die Entstehung einer lagebedingten Kopfdeformität	46
Tabelle 4:	Kopfparameter (KP) zu Therapiebeginn mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum (CVA in cm, CVAI und CI in Prozent)	48
Tabelle 5:	Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum der CVA in cm zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	55
Tabelle 6:	Mittlere Veränderung der CVA in cm von T1 zu T2, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$	56
Tabelle 7:	Mittlere Veränderung der CVA in cm von T2 zu T3, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests bzw. des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (*), Signifikanzniveau: $p < 0,05$	57
Tabelle 8:	Einflussparameter auf die CVA der Gesamtpopulation bei Therapieabschluss, Signifikanzniveau: $p < 0,05$	57
Tabelle 9:	Einflussparameter auf die CVA der Gesamtpopulation bei der Nachuntersuchung, Signifikanzniveau: $p < 0,05$	58
Tabelle 10:	Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum des CVAI in Prozent zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	58

Tabelle 11:	Mittlere Veränderung des CVAI in Prozent von T1 zu T2, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$	59
Tabelle 12:	Mittlere Veränderung des CVAI in Prozent von T2 zu T3, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$	60
Tabelle 13:	Einflussparameter auf den CVAI der Gesamtpopulation bei Therapieabschluss	60
Tabelle 14:	Einflussparameter auf den CVAI der Gesamtpopulation bei der Nachuntersuchung.....	61
Tabelle 15:	Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum und Maximum des CI in Prozent zu Therapiebeginn (T1), Therapieabschluss (T2) und zur Nachuntersuchung (T3).....	61
Tabelle 16:	Mittlere Veränderung des CI in Prozent von T1 zu T2, Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie Ergebnisse des gepaarten t-Tests, Signifikanzniveau: $p < 0,05$	62
Tabelle 17:	Mittlere Veränderung des CI in Prozent von T2 zu T3, Standardabweichung, Minimum und Maximum, sowie Ergebnisse des gepaarten t-Test, Signifikanzniveau: $p < 0,05$	63
Tabelle 18:	Einflussparameter auf den CI der Gesamtpopulation bei Therapieabschluss	63
Tabelle 19:	Einflussparameter auf den CI der Gesamtpopulation bei der Nachuntersuchung.....	64

7.3 Fragenbogen



**UNIKLINIK
KÖLN**

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie und interdisziplinäre Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. J. E. Zöller

Studie zur Entwicklung lagebedingter Kopfdeformitäten nach Helmtherapie

Datum:

Name (Fragebogenausfüller/in):

Name des Kindes:

Beziehung zum Kind (z.B. Vater/Mutter/etc.):

Geburtsdatum des Kindes:

1. Hätten Sie im letzten Jahr Bedenken was die Kopfform Ihres Kindes betrifft?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> minimale Bedenken	<input type="checkbox"/> große Bedenken
2. Wie würden Sie die Kopfform Ihres Kindes aus kosmetischer Sicht beurteilen?	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> etwas unnormale	<input type="checkbox"/> sehr unnormale
3. Unabhängig wie Sie die letzte Frage beantwortet haben, denken Sie, dass eine zurückgeblieben Asymmetrie erkennbar ist? (z.B. wenn Sie auf den Hinterkopf Ihres Kindes schauen?)	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> etwas asymmetrisch	<input type="checkbox"/> sehr asymmetrisch
4. Wurde Ihr Kind im letzten Jahr aufgrund der Kopfform im Kindergarten/Vorschule/Schule gehänselt?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> manchmal	<input type="checkbox"/> häufig
5. Hat Ihr Kind im letzten Jahr eine asymmetrische/abgeflachte Kopfform an sich festgestellt und Sie darauf angesprochen?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> manchmal	<input type="checkbox"/> häufig
6. Hat Sie im letzten Jahr eine außenstehende Person auf die asymmetrische Kopfform ihres Kindes angesprochen?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	
7. Glauben Sie die Helmtherapie war rückblickend sinnvoll für Ihr Kind?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	
8. Hat Ihr Kind den Helm damals gut toleriert?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	
9. Hat für Sie persönlich die Therapie eine Belastung dargestellt?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	
Wenn ja: Warum?			
10. Würden Sie die Helmtherapie noch einmal als Therapieform wählen?	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja	
Wenn nein: Warum nicht?			

8. Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name Hanna Marie Seikel
Geburtsdatum/ -ort 11.05.1991 in Berlin
Familienstand ledig
Staatsangehörigkeit deutsch

Beruflicher Werdegang:

Seit 05/2019 Vorbereitungsassistentin
Praxis für Oralchirurgie und Zahnheilkunde
Dr. Christian Dölitzsch

Studium:

10/2012 – 06/2018 Zahnmedizinstudium an der Universität zu Köln
Staatsexamen (Note: sehr gut)

Schulbildung:

06/2011 Rückert Gymnasium in Berlin-Schöneberg
Allgemeine Hochschulreife (Note: 1,3)
Baccalauréat (mention bien)

Köln, den 27.07.2022

Unterschrift: .....