

Diplomarbeit

**Therapie von lagebedingten Schädeldeformitäten
mit Kopforthesen**

—

eine retrospektive Analyse

eingereicht von

Alexander Nikolaus Sandmayr

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit

Unter der Leitung von

**Univ.-Prof. Priv.-Doz. Dr.med.dent. Dr.med.univ. Wolfgang
Zemann**

Graz, am 14.04.2020

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 14.04.2020

Alexander Nikolaus Sandmayr eh.

Danksagungen

Ich möchte mich ganz herzlich bei Univ.-Prof. Priv.-Doz. Dr.med.dent.

Dr.med.univ.Wolfgang Zemann bedanken, der mich während meiner Schreibprozesses unterstützt hat und von Anfang an das Vertrauen in mich gesetzt hat diese Diplomarbeit bearbeiten zu dürfen.

Ein weiterer großer Dank gilt auch meiner Familie: Harald, Gabriele, Teresa, Florian, Erni und Walther, die mich in den guten wie in den schlechten Tagen tatkräftig unterstützt und mir zu Seite gestanden sind. Ihr habt nie das Vertrauen und den Glauben an mich verloren!
DANKE dafür!

Auch möchte ich mich bei meiner Freundin Nina herzlichst bedanken, die mir auch in den schwierigen Momenten des Schreibprozesses immer beigestanden und mir gut zu geredet hat.

Auch gilt ein großes Dankeschön an meine Freunde und Studienkollegen die mich in meiner Zeit als Student tatkräftig zur Seite gestanden sind und mich auch in meinen schweren Tagen nicht hängen haben lassen.

Des Weiteren möchte ich mich noch bei meinem leider verstorbenen Großvater bedanken, der immer für mich dagewesen ist und meine große Inspiration und Vorbild darstellt. Leider kann er nicht mehr das Ende meines Studiums miterleben und sich am Durchlesen meiner Diplomarbeit erfreuen.

Zusammenfassung

Einführung

Seit der „Back to Sleep“ Kampagne im Jahre 1992 werden Neugeborene und Kleinkinder vermehrt in Rückenlage bzw. Seitenlage positioniert. Dies hat zu Folge, dass es zu einem gehäuften Auftreten von lagerungsbedingten Schädeldeformitäten gekommen ist.

Mit Hilfe von Kopforthesen wird der Verformung entgegengewirkt und versucht eine natürliche Schädelform wiederherzustellen.

Dabei geht es oftmals nicht nur um optische, sondern auch um mögliche funktionelle Probleme die durch die Deformitäten auftreten können.

Verglichen und beurteilt wird die Kopfform mit 3D- Fotoscans vor und nach der Behandlung.

Ziel

Ziel dieser Diplomarbeit ist es den Verlauf und somit den Vorher-nachher-Vergleich von Kleinkindern mit lagebedingten Kopfdeformitäten darzustellen und auf deren Verlauf zu analysieren.

Diese Schädeldeformitäten spielen eine wesentliche Rolle bei vielen Kleinkindern und führen unbehandelt zu einer Vielzahl von funktionellen aber auch optischen Problemen.

Zu erwarten ist, dass es bei richtiger und ordnungsgemäßer Anwendung, zu einer Rückbildung der Deformitäten und einer Ausbildung einer normalen Schädelform kommt.

Methoden

Zu Beginn der Arbeit erfolgte eine umfassende Literaturrecherche aus Lehrbüchern, Pubmed und weiteren medizinischen Fachzeitschriften.

Des Weiteren wurden 3D- Fotoscans von 30 Kindern im Alter von 6 Monate bis 2 Jahre aus der Datenbank der Firma Cranioform ® gesammelt, verglichen und ausgewertet, um so eine Aussagenkraft vor und nach der Therapie mit einer Kopforthese treffen zu können.

Ausgewertet wurden 3D-Fotoscans, welche vor und nach der Therapie angefertigt wurden. Mit Hilfe des Cranial- Index für Brachycephalus und des Cranial-Vault-Index bei Plagiozephalus konnte dann eine Einteilung in Schweregraden (Severity Scale) erfolgen (55). Die dafür benötigten Daten wurden randomisiert elektronisch von der Firma Cranioform® zur Verfügung gestellt.

Ergebnisse

Es zeigt sich bei den lagerungsbedingten Schädeldeformitäten sowohl beim Plagiozephalus als auch beim Brachycephalus eine deutliche Verbesserung der Kopfdeformität verglichen mit der Schweregradskala (55).

Im Durchschnitt lag der Wert der Kopfverformung vor der Therapie bei Plagiozephalus bei 17,3 mm. Nach Therapie verringerte sich dieser Wert auf durchschnittlich 2,9 mm. Damit fällt der Mittelwert nach Behandlung in die Gruppe „Normbereich“, der sich von 0 mm – 4 mm erstreckt.

Beim Brachycephalus lag der Mittelwert vor der Kopforthese bei einem Wert von 102%. Dieser fällt eindeutig in den Bereich „Schwer“ der ab 97% beginnt.

Nach der Therapie lag der Mittelwert mit 94% im unteren Bereich der Gruppe „Moderat“ ($94\% \leq X \leq 97$) und somit fast übergehend in die Gruppe „Mild“ ($91\% \leq X \leq 93\%$).

Der sowohl beim Plagiozephalus (Cohens= 3,5) als auch beim Brachycephalus (Cohens= 2,1) durchgeführte Cohens-Test zeigte eine sehr hohe Effektivitätsstärke.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Kopforthesen sowohl beim Plagiozephalus als auch beim Brachycephalus eine sehr effektive Therapie für die Besserung der lagerungsbedingten Schädeldeformitäten darstellt.

Abstract

Introduction

Since the "Back to Sleep" campaign in 1992, newborns and toddlers have been positioned on their back or side more often. As a result, there has been an increased number of cranial deformities.

Head orthoses can help to restore a natural skull shape and to reduce the deformation caused by the positioning.

Often this is not only an aesthetic issue, but can also cause functional problems that come within the deformity.

The head shape has been compared by using 3D photo scans before and after the treatment.

Aim

The aim of this diploma thesis is to present and analyze the progress and to compare positional head deformities from toddlers before and after the therapy.

Untreated skull deformities can lead to visual as well as a variety of functional problems.

It can be expected that after the head orthoses, the positional deformities will regress and a normal skull shape will develop.

Methods

At the beginning a literature search was performed, using textbooks, pubmed and other medical journals.

Furthermore, data from 30 children aged 6 months to 2 years with positional cranial deformities were collected, compared and evaluated in order to be able to compare them before and after therapy with a head orthosis.

3D photo scans were evaluated before and after therapy. With the help of the "Cranial Index" for brachycephalus and the "Cranial Vault Index" for plagiocephalus, a classification into a severity scale (55) has been made.

The data required were provided in a randomized form by the company called Cranioform®.

Results

In both plagiocephalus and brachycephalus a decrease in the number and severity of positional skull deformities could be observed, using the severity scale (55).

The average severity-value before treatment for plagiocephalus was 17.3 mm. After that it decreased to 2.9 mm. The "Normal" group was reached, which extends from 0 mm – 4 mm. The average value before treatment for brachycephalus was 102%. This definitely falls into the “heavy” range, which starts at 97%.

After the therapy, the arithmetic mean was 94% and belongs therefore to the "moderate" group ($94\% \leq X \leq 97\%$). However, it belongs to the lower area and therefore almost to the "mild" group ($91\% \leq X \leq 93\%$).

The Cohens test performed on both plagiocephalus (Cohens = 3.5) and brachycephalus (Cohens = 2.1) showed a very high level of efficiency.

In conclusion, the head orthoses in both plagiocephalus and brachycephalus represents a very effective therapy to improve deformities caused by the position of the head.

Inhaltsverzeichnis

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	I
DANKSAGUNGEN	II
ZUSAMMENFASSUNG	III
EINFÜHRUNG	III
ZIEL.....	III
METHODEN	III
ERGEBNISSE.....	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCTION	V
AIM	V
METHODS	V
RESULTS	VI
INHALTSVERZEICHNIS.....	VII
GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN.....	IX
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	X
TABELLENVERZEICHNIS.....	XI
1 EINLEITUNG.....	1
1.1 HISTORIE.....	1
1.2 „BACK TO SLEEP“ KAMPAGNE	2
1.3 DIE LAGERUNGSBEDINGTEN SCHÄDELDEFORMITÄTEN.....	2
1.3.1 <i>Entstehung</i>	2
1.3.2 <i>Lagerungsbedingter Plagiozephalus</i>	3
1.3.3 <i>Lagerungsbedingter Brachyzephalus</i>	4
1.3.4 <i>ARGENTA- Klassifikation</i>	4
1.3.5 <i>Klinisches Erscheinungsbild</i>	5
1.4 RISIKOFAKTOREN	8
1.4.1 <i>Pränatal – Natal – Postnatal</i>	9
1.5 PRÄVALENZ	11
1.6 MÖGLICHE LANGZEITFOLGEN	11
1.7 KRANIOSYNOSTOSEN	12
1.8 WACHSTUM DES SCHÄDELS (PERZENTILE)	14
1.9 KONSERVATIVE BEHANDLUNGSANSÄTZE	15
1.10 LAGERUNG	17
1.10.1 <i>Physiotherapie</i>	18
1.10.2 <i>Osteopathie</i>	19
1.10.3 <i>Kopforthese</i>	19
1.11 ZIEL DER ARBEIT	22
2 MATERIAL UND METHODEN.....	24
2.1 PATIENTINNENKOLLEKTIV	24
2.2 THERAPIEVERLAUF	25
2.3 ENDE DER THERAPIE.....	25
2.4 MESSGRÖßEN UND MESSMETHODE	26
3 ERGEBNISSE	31
3.1 BOXPLOTS	31
3.2 GESCHLECHTSVERTEILUNG	31
3.3 SEVERITY-SCALE EINTEILUNG	32

3.4	T-TEST BEI ABHÄNGIGEN VARIABLEN	38
3.4.1	<i>Cohens-Test</i>	38
3.4.2	<i>Lagerungsbedingter Brachyzephalus</i>	39
3.4.3	<i>Lagerungsbedingter Plagiozephalus</i>	40
4	DISKUSSION	41
4.1	ALLGEMEINES	41
4.2	ERGEBNISSE	43
5	LITERATURVERZEICHNIS	45

Glossar und Abkürzungen

1. SIDS (Sudden Infant Death Syndrom)
2. bzw. (beziehungsweise)
3. LP (lagerungsbedingter Plagiozephalus)
4. LB (lagerungsbedingter Brachyzephalus)
5. CVA (Cranial Vault Asymmetry)
6. CVAI (Cranial Vault Asymmetry Index)
7. CI (Cranial Index)
8. 3D (dreidimensional)
9. CAD (Computer Aided Design)
10. CAM (Computer Aided Manufacturing)
11. cm (Centimeter)
12. mm (Millimeter)
13. ca. (Zirka)
14. h (hour=Stunde)
15. d (Day= Tag)
16. AAP (American Academy of Pediatrics)

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: CRANIALE VERMESSUNG; ÜBERNOMMEN AUS (14)	5
ABBILDUNG 2: KLASSIFIZIERUNG NACH ARGENTA; MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DR. LINZ (2) ...	6
ABBILDUNG 3: ENTSTEHUNG VON LAGERUNGSBEDINGTEN KOPFDEFORMITÄTEN; ZUR VERFÜGUNG GESTELLT VON DER FIRMA CRANIOFORM®	10
ABBILDUNG 4: PERZENTILLKURVEN FÜR KOPFUMFANG; MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DR. SCHIENKIEWITZ	14
ABBILDUNG 5: LOCHKISSEN; MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DER FIRMA VARILAG®	17
ABBILDUNG 6: LAGERUNGSKISSEN; MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DER FIRMA VARILAG®	17
ABBILDUNG 7: HELMORTHESE; MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DER FIRMA CRANIOFORM®	20
ABBILDUNG 8: 3D- FOTOSCAN; MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DER FIRMA CRANIOFORM®	26
ABBILDUNG 9: DATENSATZ FÜR DIE VERMESSUNG VOR/NACH DER THERAPIE	26
ABBILDUNG 10: SCHEMA FÜR DEN CRANIAL VAULT ASYMMETRY (CVA) UND CRANIAL INDEX (CI) ÜBERNOMMEN AUS (37)	27
ABBILDUNG 12: BRACHYZEPHALUS NACH DER THERAPIE	28
ABBILDUNG 11: BRACHYZEPHALUS VOR DER THERAPIE	28
ABBILDUNG 13: PLAGIOZEPHALUS NACH DER THERAPIE	29
ABBILDUNG 14: PLAGIOZEPHALUS VOR DER THERAPIE	29
ABBILDUNG 15: BOXPLOT FÜR PLAGIOZEPHALUS	31
ABBILDUNG 16: BOXPLOT FÜR BRACHYZEPHALUS	31
ABBILDUNG 17: BALKENDIAGRAMM FÜR DIE VERTEILUNG BEI BRACHYZEPHALUS VOR THERAPIE	33
ABBILDUNG 18: BALKENDIAGRAMM FÜR DIE VERTEILUNG BEI BRACHYZEPHALUS NACH THERAPIE	34
ABBILDUNG 19: BALKENDIAGRAMM FÜR DIE VERTEILUNG BEI PLAGIOZEPHALUS	36
ABBILDUNG 20: BALKENDIAGRAMM FÜR DIE VERTEILUNG BEI PLAGIOZEPHALUS	37

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: EINTEILUNG VON LAGERUNGSBEDINGTEM PLAGIOZEPHALUS (ARGENTA ET AL. 2004 (16))	7
TABELLE 2 : EINTEILUNG VON LAGERUNGSBEDINGTEM BRACHYZEPHALUS (ARGENTA ET AL. 2004 (16)).....	7
TABELLE 3: RISIKOFAKTOREN FÜR LAGERUNGSBEDINGTE SCHÄDELDEFORMITÄTEN; MODIFIZIERT AUS (2) MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON DR. LINZ.....	8
TABELLE 4: PRÄVALENZ VON SCHÄDELDEFORMITÄTEN; ÜBERNOMMEN AUS (18).....	11
TABELLE 5: DEFINITION DER EINZELNEN MESSGRÖßEN.....	27
TABELLE 6: EINTEILUNG DER SCHWEREGRADE BEI BRACHYZEPHALUS (56)	28
TABELLE 7: EINTEILUNG DER SCHWEREGRADE BEI PLAGIOZEPHALUS (56)	29
TABELLE 8: GESCHLECHTSVERTEILUNG BRACHYZEPHALUS.....	31
TABELLE 9: GESCHLECHTSVERTEILUNG PLAGIOZEPHALUS.....	32
TABELLE 10: CRANIAL INDEX- WERTE BEI BRACHYZEPHALUS	32
TABELLE 11: SCHWERESKALA BRACHYZEPHALUS THERAPIEANFANG	33
TABELLE 12: CRANIAL INDEX- WERTE BEI BRACHYZEPHALUS	34
TABELLE 13: SCHWERESKALA BRACHYZEPHALUS THERAPIEENDE	35
TABELLE 14: CRANIAL VAULT ASYMMETRY- WERTE BEI PLAGIOZEPHALUS	35
TABELLE 15: SCHWERESKALA PLAGIOZEPHALUS THERAPIEANFANG	36
TABELLE 16: CRANIAL VAULT ASYMMETRY- WERTE BEI PLAGIOZEPHALUS	37
TABELLE 17: SCHWERESKALA PLAGIOZEPHALUS THERAPIEENDE	38
TABELLE 18: COHENS - MITTELWERT - MEDIAN - STANDARDABWEICHUNG – SIGNIFIKANZ.....	39
TABELLE 19: COHENS - MITTELWERT - MEDIAN - STANDARDABWEICHUNG – SIGNIFIKANZ.....	40

1 Einleitung

1.1 Historie

Bereits im alten Ägypten wurden die ersten Versuche, mit Hilfsmittel wie Bandagen, unternommen, um Kopfformen bei Neugeborenen zu lenken und zu verändern.

Auch in anderen Hochkulturen, vor allem in Südamerika und bei afrikanischen Völkern, stellt die Schädelform einen wichtigen ästhetischer, rituellen und kulturellen Faktor dar.

Dies lässt sich anhand von Ausgrabungen und Malereien gut erkennen und verfolgen. (1)

Auch heute spielt die Kopfform in den verschiedenen Kulturkreisen eine wesentliche Rolle.

Seit ca. 20 Jahren beschäftigen sich spezialisierte Institutionen und Krankenhäuser intensiv mit der Veränderung und anschließend der gezielten kontrollierten Steuerung von Kopfformen bzw. Kopfdeformitäten. Dabei stehen sowohl konservative als auch operative Ansätze zur Verfügung.

Das Augenmerk dieser Arbeit liegt jedoch darin, die konservative Behandlung von lagebedingte Schädeldeformitäten mit Kopforthesen vor und nach der Therapie zu vergleichen.

Seit der Einführung der Rückenlage von Neugeborenen in den 1990er Jahren, aufgrund von gehäuften Kindstoden (SIDS) in Bauchlage, kam es zu einem verstärkten Auftreten von lagerungsbedingten Verformungen des Schädels. Auch bei dem sogenannten „Pucken“, auch unter „Wickeln“ bekannt, werden Kindern durch umwickeln des Körpers mit Tüchern und anschließend in Rückenlage gebracht, in ihrer Bewegungsfreiheit stark eingeschränkt. Dies hat zur Folge, dass es zu einer Häufung des Abflachens von Hinterköpfen führt. (2)

Im Gegensatz dazu ist es in afrikanischen Völkern üblich das Neugeborene und Kleinkinder in Tüchern zu tragen, was eine Entlastung des natürlichen Wachstums des Schädels darstellt und deshalb Schädelverformungen seltener vorkommen. (3)

1.2 „Back to Sleep“ Kampagne

Der plötzliche Kindstod („Sudden Infant Death Syndrom“) stellt ein akutes und unerwartetes Todesgeschehen eines Kindes unter einem Jahr dar. Hinzu kommt, dass es keinen eindeutigen und greifbaren Grund dafür gibt.

Als Risikofaktor gilt voran die Bauchlage des Kindes. Des Weiteren wird das Rauchen der Mutter, ein gemeinsames Bett mit den Eltern oder viele Kissen, Decken oder Spielsachen im Säuglingsbett angegeben. Als Schutzmaßnahmen wiederum kommen das Benutzen eines Schnullers, ein eigenes Bett und Stillen in Frage. (4)

Die im Jahre 1992 veröffentlichte Studie zu dem „SIDS“ fokussiert sich auf die sogenannte „prone sleeping position“ (Bauchlage des Kindes beim Schlafen) und rät strikt davon ab, da dieses eine erhöhte Gefahr für den plötzlichen Kindstod darstelle. Stattdessen sollte die „supine sleeping position“, also Rückenlage während des Schlafens eingenommen werden. Hierbei konnte eine Reduktion der SIDS von ca. 40% erreicht werden.(5)

Ein überarbeiteter Artikel vom Jahre 1996 erläuterte, dass die von Großbritannien veröffentlichte Studie, bei der eine Seitenlage des Kindes empfohlen wird, auch eine sichere Methode der Schlaflagerung darstelle. Dennoch besteht ein Restrisiko aufgrund der Instabilität der Positionierung. (6)

In den darauffolgenden Jahren kam es daraufhin zu einer Häufung von lagerungsbedingten Schädeldeformitäten, die mit der „Back to sleep“ Kampagne in Verbindung gebracht werden. (7)

Im Jahre 2005 führte deshalb die USA die sogenannte „tummy time“, also Bauchlage, ein, die mehrmals täglich unter Aufsicht der Eltern durchgeführt werden soll, um den Schädelverformungen entgegen zu wirken. Dazu kommt, dass es die motorische Entwicklung des Kindes fördern soll. (8)

1.3 Die lagerungsbedingten Schädeldeformitäten

1.3.1 Entstehung

Da bei der Geburt der Schädel und die Schädelnähte noch nicht verwachsen sind, kann es dadurch zu einer Verschiebung der einzelnen Schädelplatten kommen. Postpartal nimmt der Kopf dann sehr schnell an Größe und Umfang zu.

Entscheidende Kraft hierbei ist die Größenzunahme des Gehirns, dessen Volumen sich in den ersten 6–7 Lebensmonaten verdoppelt.

Zusätzlich ist der Schädel in diesen ersten Lebensmonaten leicht verformbar und eine von extern einwirkender Kraft kann zu einer Deformierung sowohl der Weichteile, wie dem Hirn, als auch dem knöchernen Schädel führen. (2)

Wichtig sind die lagebedingten Schädeldeformitäten von den intrauterin entstanden Verformungen abzugrenzen. Laut *K. Dörhage* ist bei diesen in den ersten 5-6 Wochen mit einer Besserung der Schädelform zu rechnen.(9) Dies gilt jedoch nicht für schwere Veränderungen. Aus diesem Grund sollte man diese Zeitspanne nach der Geburt abwarten um von einer „LP“ bzw. „LB“ sprechen zu können und eine prä-/perinatalen Deformität auszuschließen, die jedoch auch im weiteren Verlauf in eine in eine lagerungsbedingte Deformität übergehen können. (10)

Deshalb stellt der Lebensanfang und hier wiederum die ersten 6 Monate des Kindes die sensible Phase betreffend der Kopfformprägung dar. Denn hier kann es nun aufgrund einer vermehrten Rückenlage im weiteren Verlauf zu einen der beiden Lagerungsdeformitäten kommen:

1. „Plagiozephalus“
2. „Brachyzephalus“

1.3.2 Lagerungsbedingter Plagiozephalus

Als Plagiozephalus (vom altgriechischen „plagio“= „schräg“, schief“ und „kephale“= „Kopf“) bezeichnet man den „Schiefkopf“. Dies bedeutet, dass es zu einer asymmetrischen Verformung des Kopfes kommt. (11)

Häufig kommt es bei der „*lateralen Form*“ zu einer Abflachung im occipitalem Bereich und im weiteren Verlauf zum sogenannten „ear shift“ und einer Abflachung der kontralateralen Gesichtsseite.

Bei der „zentralen Form“ jedoch entsteht ein gleichmäßiges flaches Hinterhaupt im Os occipital Bereich. (9)

1.3.3 Lagerungsbedingter Brachyzephalus

Beim Brachyzephalus (vom altgriechischen „brachys“= „kurz“ und „kephale“= „Kopf“) kommt es zu einem sogenannte „Kurzkopf“ bzw. „Rundkopf“. Hierbei entsteht eine symmetrische Abflachung des Hinterkopfs. Aufgrund der gleichmäßigen Veränderung wirkt es für die betroffenen Eltern meist nicht allzu schlimm und wird oftmals als „kosmetisches Problem“ bezeichnet. Dies ist jedoch laut *M. Kelly et al.* ein Fehler. Denn auch der Brachyzephalus kann im weiteren Verlauf Probleme darstellen, die weiter unten im „klinischen Erscheinungsbild“ näher diskutiert werden. (12)

1.3.4 ARGENTA- Klassifikation

Eine der besten und am einfachsten zu reproduzierbaren Einteilungen der lagerungsbedingten Schädeldeformität ist die Klassifikation nach *Louis C. ARGENTA*.

Dieser veröffentlichte im Jahre 1996 eine Studie, bei der er CT Bilder auf typische Veränderung in Hinblick auf lagebedingte Schädelverformungen untersuchte.

Argenta legte folgende Kriterien zur Einteilung fest: (7)

- Vorwölbung der Stirn ipsilateral nach anterior und lateral
- Abflachung der kontralateralen Stirn
- Eine Verschiebung der Maxilla

2004 verzichtete Argenta in einer neuen Studie komplett auf dreidimensionale bildgebende Verfahren oder anthropometrische Messungen. (13) Rein die klinisch fassbaren Merkmale werden herangezogen und für die Beurteilung verwendet. Diese Methode stellte für den Alltags eine gute Methode zur Einteilung der Schweregrade dar, jedoch nicht für die graduelle Einteilung.

Hier sollte die Messmethode nach *Loveday* und *De Chalain* herangezogen werden. Diese führten den **CVAI** (=Cranial Vault Asymmetry Index) und den **CI** (=Cranial Index) ein.(13)

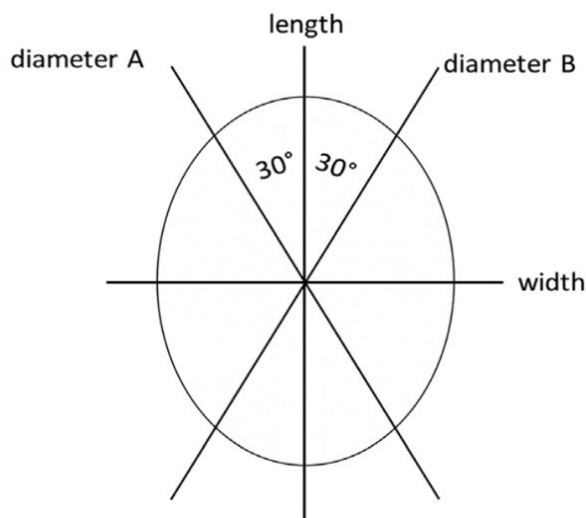
Der CVAI wird für die Messung des Plagiozephalus verwendet. Dabei wird die 30°-Schäeldiagonale ins Verhältnis gesetzt.

- 0% = ein symmetrischer Schädel
- $\geq 3,5\%$ = asymmetrische Schädel

Der CI hingegen wird für den Brachycephalus angewandt. Dieser gibt das Verhältnis von Schädelbreite zur Schädellänge an.

- $75\% \leq$ Normbereich ≥ 90

Hier eine Veranschaulichung in **Abbildung 1** der verschiedenen Messmethoden: (14)



Cranial Vault Asymmetry (CVA) = longest diameter – shortest diameter

$$\text{Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI)} = \frac{\text{CVA}}{\text{shortest diameter}} \times 100$$

$$\text{Cranial (cranioproportional) Index (CI)} = \frac{\text{width}}{\text{length}} \times 100$$

Abbildung 1: Craniale Vermessung; übernommen aus (14)

1.3.5 Klinisches Erscheinungsbild

Bei den lagerungsbedingten Schädeldeformitäten nach „*Argenta*“ werden zwei Formen klassifiziert:

1. LP (lagerungsbedingter Plagiozephalus)
2. LB (lagerungsbedingter Brachycephalus)

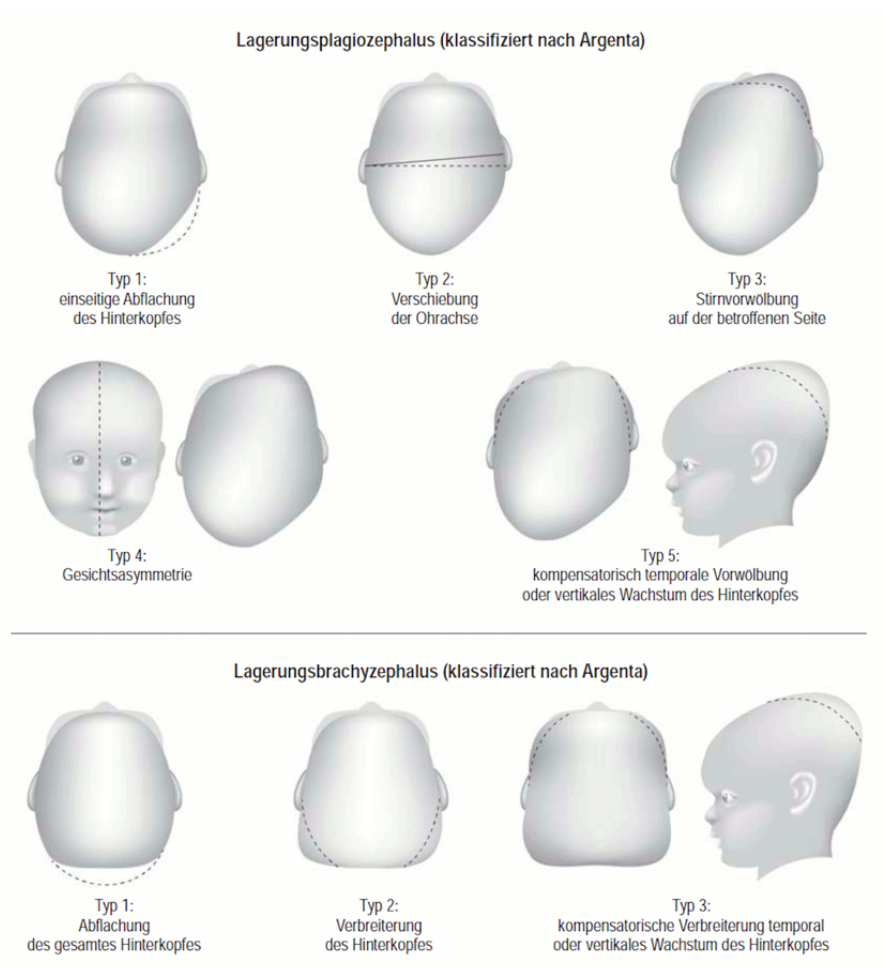


Abbildung 2: Klassifizierung nach ARGENTA; mit freundlicher Genehmigung von Dr. Linz (2)

Wie bei der **Abbildung 2** dargestellt gibt es bei der LP „5 Typen“.

In erster Linie kommt es zu einer asymmetrischen Veränderung des Hinterkopfes. Hierbei stellt sich eine einseitige Abflachung des *os occipitale* dar.

Dies führt anschließend im weiteren Verlauf zu einer Verschiebung der Ohrachse auf der betroffenen Seite Richtung ventral.

Im Gesichtsbereich kommt es dadurch zu einer Vorwölbung der Stirn. Von ventral betrachtet lässt sich eine Gesichtsasymmetrie mit asymmetrischen Jochbeinböden erkennen.

Anschließend kann es kompensatorisch zu einer temporalen Vorwölbung oder zu einem vermehrt vertikalen Wachstum des Hinterkopfes kommen. Besonders diese Form der Asymmetrie wird von Eltern oftmals als sehr störend empfunden und als krankhaft interpretiert. (2, 10, 16)

Laut *Miller u. Clarren* zeigte sich bei einem LP ein erhöhtes Risiko für eine Störung der Hirnfunktion und damit bedingten Entwicklungsverzögerung. (15)

ERSCHEINUNGSBILD	TYP I	TYP II	TYP III	TYP IV	TYP V
HINTERKOPFASYMMETRIE	X	X	X	X	X
OHRFEHLSTELLUNG	-	X	X	X	X
STIRNASYMMETRIE	-	-	X	X	X
GESICHTSASYMMETRIE	-	-	-	X	X
TEMPORAL/VERTIKALE ASYMMETRIE	-	-	-	-	X

Tabelle 1: Einteilung von lagerungsbedingtem Plagiozephalus (Argenta et al. 2004 (16))

Bei dem LB jedoch kommt es zu einer symmetrischen Abflachung im gesamten Hinterhauptsbereich. Daraus resultiert auch eine Verbreiterung an dieser Stelle.

Schlussendlich kann es auch in diesem Fall zu einer kompensatorischen Verbreiterung temporal oder einem vertikalen Wachstum des Hinterkopfes kommen. Aufgrund der Symmetrie wird dieses Erscheinungsbild von den Eltern jedoch nicht ganz so gravierend gesehen. Dennoch besteht auch bei der LB die Möglichkeit das im Verlauf klinisch relevante Probleme auftreten. (2)

Ein Beispiel stellen die Veränderungen im Bereich des temporomandibulären Gelenks dar. Besonders bei brachiozephalen Typ besteht die Möglichkeit, dass es zu einem Abkippen der zentralen Grube des Schädels kommt. Dadurch besteht die Gefahr, dass es zu keinem ausreichenden Kieferschluss der „Klasse III“, dem sogenannten ein „Unterbiss“ kommt. (12)

ERSCHEINUNGSBILD	TYP I	TYP II	TYP III
ZENTRALE DEFORMIERUNG D. HINTERKOPFES	X	X	X
VERBREITERUNG D. HINTERKOPFES	-	X	X
TEMPORAL/ VERTIKALE DEFORMIERUNG	-	-	X

Tabelle 2 : Einteilung von lagerungsbedingtem Brachycephalus (Argenta et al. 2004 (16))

1.4 Risikofaktoren

In der **Tabelle 3** wird die grobe Einteilung von Risikofaktoren von lagerungsbedingten Schädeldeformitäten ersichtlich.

Laut *Linz, Kunz et al.* unterscheidet man drei Zeitpunkte bei denen die Möglichkeit einer Verformung des Kindskopfes besteht:

1. **Pränatale Faktoren (während der Schwangerschaft)**
2. **Perinatale Faktoren (während der Geburt)**
3. **Postnatale (nach der Geburt)**

Prädisponierende Faktoren
Pränatal
Männliches Geschlecht
Primipara
Junge Eltern
Niedriger Bildungsstand
Intrauterine Zwangslage
Perinatal
Geburtshilfliche Maßnahmen (Saugglocke, Zange)
Hohes Geburtsgewicht
Frühgeburt
Großer Kopfumfang
Postnatal
Rückenlagerung
Eingeschränkte Kopfbewegung, Torticollis
Seitenbevorzugung
Flaschenernährung ohne Positionswechsel
Geringe „Tummy Time“
Entwicklungsverzögerung, geringe Aktivität
Tabelle 3: Risikofaktoren für lagerungsbedingte Schädeldeformitäten; modifiziert aus (2) mit freundlicher Genehmigung von Dr. Linz

Das Risiko für lagerungsbedingte Schädelverformungen ist bis zum kompletten Verschluss der Suturen möglich. Erst nachdem diese verwachsen sind, ist die positionsbedingte Veränderung der Kopfform eher als unwahrscheinlich anzusehen.

Während der Geburt zum Beispiel, wenn eine Knochenverschieblichkeit der Schädelplatten des Neugeborenen noch besteht, kann es beim Durchtritt durch den

Geburtskanal zu einer Verformung des Kindsschädels kommen. Hierbei entsteht ein extrem hoher Druck auf den Kindsschädel, der aufgrund dessen, dass er noch weich und nicht verschlossen ist, nachgibt und in weiterer Folge verformt. (2)

Bevor jedoch bei einem lagerungsbedingten Schädeldeformität mit einer Therapie begonnen wird, sollte man insgesamt 6-8 Woche abwarten, da es bis zu diesem Zeitpunkt noch zu einer Remission bei leichten Fällen und Besserung bei pränatalen und perinatalen Kopfveränderungen kommen kann. Erst dann sollte über das weitere Vorgehen entschieden werden. (10)

1.4.1 Pränatal – Natal – Postnatal

Pränatal kommt es vor allem in den letzten Monaten der Schwangerschaft noch zu einem rapiden Zuwachs der Körpergröße des ungeborenen Kindes.

Hierbei spielt dann der vorhandene Platz, der für das Ungeborene vorhanden ist eine entscheidende Rolle. Denn ein Platzmangel bedeutet, dass es zu einer sogenannten „Zwangslage“ kommt.

Das Kind muss die vorgegebene Haltung und Form einnehmen. Besonders bei Erstgebärenden steht meistens nicht sehr viel Platz für den Fetus zur Verfügung. Dies stellt eines der Risikofaktoren für eine pränatale Deformität dar.

Auch kommt es laut *Linz, Kunz et al.* bei Burschen zu gehäuftem Auftreten dieser Schädelverformungen. Denn diese sind von Natur aus meist größer und haben oftmals ein höheres Geburtsgewicht als Mädchen.

Des Weiteren stellt auch die Mehrlingsschwangerschaft ein mögliches Risiko dar. Denn auch hier ist es wie bei recht großen Kindern eine Frage des Platzes. (2, 18)

Natal ist, wie auch während der Schwangerschaft, die Größe und der Kopfumfang entscheidende Faktoren. Aufgrund der anatomischen Form des Geburtskanals kommt es bei der „Conjugata Vera“, der Abstand zwischen den Promontorium und der Hinterfläche der Symphyse, zur engsten Stelle des Geburtskanals, den das Kind durchlaufen muss. (17)

Zusätzliche Hilfsmittel wie die Saugglocke oder die Geburtszange können zusätzlich zu einer mechanischen Manipulation der Schädelform führen. Diese sogenannten Geburtsgeschwülste bilden sich jedoch meistens vollständig ohne Behandlung zurück. (18)

Bei einer Sectio wiederum wird das Risiko des Geburtskanals vollständig umgangen. Jedoch kann es auch hier durch Instrumente oder manuelle Manipulationen zu Verformungen des Schädels kommen.

Postnatal spielen die Lagerungen des Kindes eine wesentliche Rolle. Heutzutage gilt die Rückenlagerung, seit der „Back to Sleep Campain“ im Jahre 1992 als Standard, um die Gefahr für ein „SIDS“ minimieren zu können. Ob dies wirklich zu einem erhöhten Prozentsatz an lagerungsbedingten Schädeldeformitäten führt wird kontrovers diskutiert, jedoch kam es zu Häufung von Plagiozephalus und Brachyzecephalus. Im asiatischen Bereich in dem schon seit längerem die Rückenlage als Standard gilt, treten flache Hinterköpfe sehr häufig auf. (19)

Peitsch et al. fokussiert sich auf die einseitige bzw. zweiseitige Hinterkopfabflachung nach der Geburt. Bis zum 4. Monat liegen Kinder eher auf den flachen Stellen occipital, aufgrund der schlechten Kopfkontrolle. (19)

Durch die permanent wirkende Schwerkraft beim liegenden Kopf, übt sie ununterbrochen einen Druck auf den Hinterhauptsknochen aus.

Anhand eines Modells nach *Turk* lässt sich hier die Verformungsvorgehensweise gut vorstellen. Ein mit Wasser gefüllter Luftballon wird auf eine Unterlage gelegt, der den kindlichen Kopf darstellt. Nun lässt sich erkennen, dass je nach Positionierung es zu unterschiedlichen Veränderungen des Ballons bzw. Kopfes kommt. Dies soll in der **Abbildung 3** verdeutlicht werden. (9)

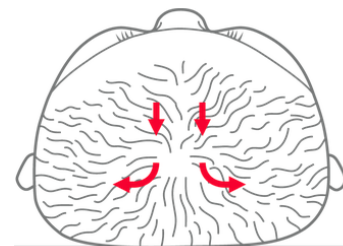


Abbildung 3: Entstehung von lagerungsbedingten Kopfdeformitäten; zur Verfügung gestellt von der Firma Cranioform®

Kinder beginnen im Normalfall den Kopf erst ab dem 5. Monat selbstständig zu heben, was eine Entlastung darstellt. Jedoch ist es bis zu diesem Zeitpunkt bereits zu irreversiblen Verformungen gekommen, da der Kopfumfang in den ersten 6 Monaten ca. 8,5cm zunimmt. Bis zum 12. Monat sind es nochmal ca. 3,5cm und bis mit 18ten Lebensmonat nur noch 1,5cm.

1.5 Prävalenz

Seit der Einführung der „Back to Sleep“ Kampagne der American Academy of Pediatrics (AAP) im Jahre 1992, lassen sich nun deutliche Anstiege der lagebedingten Schädeldeformitäten nachweisen. (21)

Diese wurde aufgrund der erhöhte Säuglingssterberate in Bauchlage eingeführt.

Auf der einen Seite reduzierten sich durch dies Kampagne die Kindstode, auf der anderen kam es jedoch zu einem Zuwachs der Schädelverformungen.

In den ersten 16 Wochen zeigte sich in einer Kohortenstudie, dass Kinder in Rückenlage zu 16 % einen LP oder LB aufwiesen. (19) Dies reduzierte sich dann auf 3,3% nach dem 2 Lebensjahren.

In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass eine Rumpfasymmetrie bei ca. 30% aller Säuglinge im weiteren Verlauf eine Auswirkung auf die Schädelform hatte. (20) Dies geschieht am ehesten durch die unterschiedliche Belastung aufgrund der Veränderung in den Bewegungsabläufen.

Laut *Hutchinson* aus dem Jahre 2007 gibt es bei der Prävalenz zur Schädelasymmetrie folgenden Verlauf. (18, 21)

Prävalenz in Prozent	Tage/Wochen/Monate
16%	Nach 6 Wochen
19,7%	Nach 4 Monaten
9,2%	Nach 8 Monaten
6,8%	Nach 1 Jahr
3,3%	Nach 2 Jahren

Tabelle 4: Prävalenz von Schädeldeformitäten; übernommen aus (18)

1.6 Mögliche Langzeitfolgen

Der weitere Verlauf von unbehandelten lagerungsbedingten Schädeldeformitäten kann sich in unterschiedlicher Weise auswirken.

In erster Linie kommt es zu einer rein kosmetischen Veränderung, laut einer Studie von *Steinbok et al.*(19, 22)

Dies kann sich in späterer Folge auf die Psyche der Betroffenen durch das veränderte optische Erscheinungsbild kommen. Vor allem in der Schule kann dies zu Mobbing durch Gleichaltrige führen.

Auch die schulische Leistung ist laut *Miller and Clarren* von der Schädeldeformität beeinflusst. Laut dieser Studie stellt die lagerungsbedingte Schädeldeformität eine Beeinträchtigung dar. (15, 19) Es zeigt sich, dass Grundschul Kinder besondere Förderungen in Form von Nachhilfe, Physiotherapie, Ergotherapie und Sprachtherapie brauchten. Im Vergleich dazu benötigten nur 7% der Geschwister ohne Kopfverformungen die gleiche Therapie.

In einer Studie von *Robinson et al.* wird eine verlangsamte motorische Entwicklung beschrieben (19, 23), welche jedoch von *Vlimmeren et al.* widerlegt wurde. (19, 24)

Auch mit der Okklusion des Milchgebisses zeigt sich laut *KLUBA et al.* bei Kleinkindern mit einem Plagiozephalus ein Zusammenhang. Im weiteren Verlauf kann es auch hier zu einer Entwicklungsverzögerung des Kindes, durch Probleme bei der Nahrungsaufnahme, kommen. (26)

Letzten Studien zufolge von *Meyer- Marcotty et al.* ist auch das Gesicht bei der Verformung mitbeteiligt. Im Jahre 2015 konnte hier eine Asymmetrie des Neurokraniums dargestellt werden, die dann im weiteren Verlauf sich auf die Formentwicklung des Mittelgesicht auswirkten. (25, 26)

1.7 Kraniosynostosen

Die Kraniosynostosen stellen eine der möglichen Differentialdiagnosen zu den lagerungsbedingten Schädeldeformitäten dar.

Bei den Synostosen findet ein vorzeitiger Verschluss der Suturen in Form einer Verknöcherung statt, obwohl die volle Schädelgröße noch nicht erreicht ist. Das Wachstum senkrecht zur verknöcherten Naht ist nicht mehr möglich. Daraufhin kann es zu keinem physiologischen Kopfwachstum mehr kommen, was in schlussendlich zu einer Verformung des Schädels führt. (28)

Je nachdem in welcher Höhe und an welcher Stelle die Verformung vorliegt, kommt es zu den typischen klinischen Erscheinungsbildern:

Sutura coronalis → Turricephalus

Sutura sagittalis → Scaphocephalus

Sutura frontalis et sagittalis → Sphenocephalus

Sutura coronalis et sagittalis → hochgradige Kraniosynostose

Sutura metopica → Trigonocephalus

Sutura lambdoidea → Platicephalus

Sind jedoch nur die Schädelnähte betroffen (Sutura lambdoidea und/oder Sutura coronalis) kommt es zu einem, oftmals im klinischen Alltag schwierig vom lagerungsbedingten zu unterscheidenden, Plagiozephalus. (29)

Deshalb werden zusätzlich zur Klinik meist Hilfsmittel wie Sonographie, Röntgenuntersuchung oder Computertomographie für die Untersuchung, Klassifikation und Diagnose verwendet.

Die Ästhetik stellt jedoch keine zwingende Indikation für eine Operation dar.

Wichtig sind dabei Faktoren wie Druckanstieg im Hirn, Entstehen eines Mikrozephalus oder Hydrozephalus. Diese Faktoren stellen als erhöhte Gefahr für die Gesundheit des Kindes eine absolute Operationsindikation dar. (25, 27)

Es besteht auch die Möglichkeit, dass eine Kombination aus beiden Komponenten zusammenspielt. Bei der Geburt kann bereits eine Verwachsung der Schädelnähte vorhanden sein und somit zu einer Abflachung des Hinterhaupts kommen, was anschließend durch vermehrte Rückenlage noch mehr verstärkt werden kann.

Die konservative Therapie mit Kopforthesen stellt jedoch keine Therapieoption bei den Kraniosynostosen dar. Gegebenenfalls kann jedoch eine Kombinationstherapie mit einer Helmorthese erfolgen. (31)

1.8 Wachstum des Schädels (Perzentile)

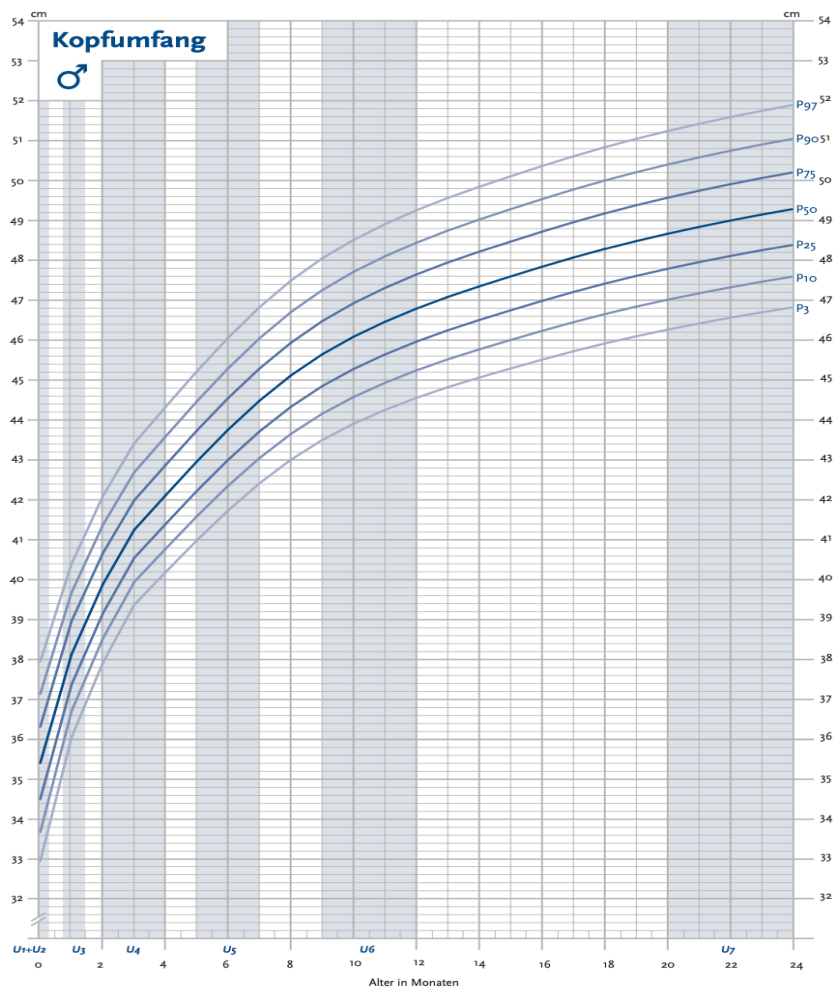


Abbildung 4: Perzentillkurven für Kopfumfang; mit freundlicher Genehmigung von Dr. Schienkewitz

Die anthropometrische Messung des Schädelwachstum des Kindes, in Hinblick auf dessen Kopfumfang, stellt in den ersten Lebensjahren eine wichtige Untersuchung dar.

Die Entwicklung des knöchernen Schädels kann Aufschluss auf mögliche zukünftige neurologische Probleme geben.

Anfangen von Mikrozephalus, meist bei vorzeitigem Suturen Verschluss, bis hin zu einem Makrozephalus sind mögliche Folgerscheinungen, die jeweils mit unterschiedlichen Erkrankungen einher gehen. (32)

Die Messabfolge für den maximalen Kopfumfang erfolgt über die Stirnmitte und die maximale Vorwölbung des Hinterhauptes. Dabei wird ein nicht elastisches Maßband verwendet um reproduzierbare Werte zu erhalten. Die Abweichung dabei beträgt ca. 1mm. Bis zum 2. Lebensjahr erfolgt die Messung im Liegen, ab dann im Stehen. Die WHO hat Standards für Neugeborene mit 0 bis zu 60 Monaten vorgegeben. (33)

Wie in **Abbildung 4** dargestellt, sollte sich das Wachstum in den ersten 24 Monaten für Jungen zwischen 47cm bis 52cm einpendeln. Bei Mädchen ist es etwas kleiner, zwischen 45cm bis 51cm. Alles was darüber liegt wird als Makrozephalus und darunter als Mikrozephalus eingeordnet.

Im ersten Lebensjahr ist der Anstieg am höchsten. Hier beträgt die Zunahme des Kopfumfanges bei Jungen 82 % und Mädchen 83% im Vergleich zur Endgröße. In den darauffolgenden 12 Monaten werden 87 % erreicht. In weiterer Folge fällt die Größenzunahme des Schädels bis zur Pubertät immer weiter ab. (34)

Wichtig ist, dass bei etwaigen Schädelverformungen, der Fokus auf dem Wachstum liegen sollte, weil sich der kindliche Kopf vor allem im ersten Lebensjahr sehr gut lenken und formen lässt. Entscheidend ist, in diesem Zeitraum mit einer konservativen Therapie, wie einer Helmorthese, zu beginnen um überhaupt einen Erfolg erzielen zu können. Laut Skala wäre der 5. oder 6. Monat der geeignetste Zeitpunkt dafür.

1.9 Konservative Behandlungsansätze

Neben den chirurgischen Eingriffen stellen auch nichtoperative Therapien bei lagerungsbedingten Schädeldeformitäten eine sehr gute Methode dar. Oftmals sind auch konservative Behandlungen, vor allem bei leichteren Verformungen, sehr viel schonendere Ansätze.

Nicht nur die Risiken, wie Infektionsgefahr, intra oder postoperative Probleme, die bei invasiven Eingriffen bestehen, werden damit ausgeschlossen, sondern auch die Ergebnisse die damit erzielt werden sind auch sehr vielversprechend.

Wichtig ist, dass vor der Behandlung alle Blickpunkte in Betracht gezogen werden. Bereits eine Prävention stellt eine sinnvolle Therapie dar. Diese Aufklärungsmaßnahmen sollten dabei vom behandelnden Kinderarzt oder Kinderärztin durchgeführt werden. (35)

Einen weiteren Punkt stellen die Schweregrade der Schädeldeformität dar, von denen die darauffolgende Behandlung meist abhängt. Je größer und stärker die Abweichung von der physiologischen Kopfform, umso eher sollte an einen operativen Eingriff gedacht werden. (36)

Die Kraniosynostosen können nur operative therapiert werden. Beim lagerungsbedingten Plagiozephalus wird jedoch aufgrund der Eingriffsrisiken zuerst eine konservative Behandlung angestrebt. (37)

Als nicht invasive Behandlungstherapien kommen Physiotherapie, die Lagerungstherapie, Osteopathie sowie die Helmtherapie in Frage.

Die Kopforthese erzielt jedoch von den erwähnten Eingriffen den schnellsten Erfolg. Das gilt auch für stark ausgeprägte Schädeldeformitäten. (38)

Grundsätzlich ist es jedoch schwierig die Erfolge der einzelnen Behandlungsansätze zu Vergleichen. Das liegt vor allem daran, dass es keine vergleichbaren randomisierten Studien gibt. Mitunter liegt es auch daran, dass unterschiedliche Messmethoden und Beurteilungskriterien in den letzten Jahren zur Anwendung gekommen sind. (39)

Hier sollte daran gedacht werden ein einheitliches Verfahren einzuführen um die Ergebnisse besser untereinander vergleichen zu können. Somit wäre es dann auch möglich die unterschiedlichen Therapien besser in Hinblick ihrer Erfolgsquoten einzuteilen.

Insgesamt lässt sich jedoch sagen, dass der Erfolg mit einem Kopforthesen sich wesentlich schneller einstellte. (40)

1.10 Lagerung

Eine der einfachsten Methoden der Prävention und Behandlung von lagerungsbedingten Schädeldeformitäten stellt die sogenannte Lagerungstherapie dar.

Durch die regelmäßige Veränderung der Liegeposition des Kindes, kann einer einseitigen Belastung entgegengewirkt werden. Die Compliance der Eltern stellt einen der wesentlichen Punkte dar. Nur unter Einhaltung der regelmäßigen und artgerechten Positionierung des Kindes können größtmögliche Erfolge erzielt werden.

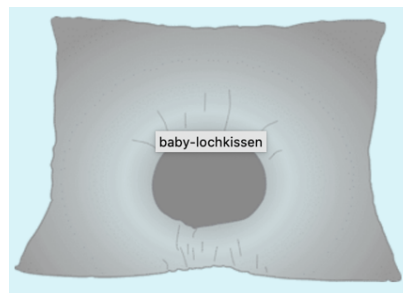


Abbildung 5: Lochkissen; mit freundlicher Genehmigung von der Firma Varilag®

Bei der Rückenlage wird die aktive wechselseitige Lagerung empfohlen. Der Fokus sollte hier darauf liegen, dass Kind auf die nicht betroffene Seite

vermehrt zu positionieren. Bei einer moderaten LP kann es hier zu einer Normalisierung der Kopfform kommen. (2) Zusätzlich stehen auch Hilfsmittel wie spezielle Kissen und Polsterungen zur Verfügung. In einer Studie wird sogar die Nutzung eines Kissens gegenüber der Physiotherapie als überlegen beschrieben. (41) Wichtig bei der Positionierung und Lagerung des Kindes ist die freie Beweglichkeit.



Abbildung 6: Lagerungskissen; mit freundlicher Genehmigung von der Firma Varilag®

In der **Abbildung 5** wird ein Lochkissen von der Firma VARILAG® gezeigt. Diese einfache Methode stellt sicher, dass auch in der Rückenlage einer Kopfverformung entgegengewirkt wird.

Dieselbe Firma hat auch die Lagerungspolster in **Abbildung 6** mit Gurtsystem, der die Stabilität garantieren sollen, hergestellt. Das Baby sollte zwar mit einem Bauchgurt fixiert werden um ein Fallen in Bauchlage zu verhindern, die Arme, Kopf und Beine sind aber immer noch frei beweglich für das Kind, was die motorische Entwicklung nicht einschränkt. (19) Durch die seitliche Lagerung wird auch hier der Kopf entlastet und so einer Verformung vorbeugt.

Auch einfache Mullbinden können für eine ordnungsgemäße Lagerung herangezogen werden.

Dennoch wird von Hilfsmitteln für die Lagerung wegen der Gefahr des möglichen plötzlichen Kindstodes abgeraten. Besonders bei Kindern die in eine Risikogruppe (**Tabelle 3**) fallen sollte man zur Prävention und als Unterstützung konservative Behandlungen beiziehen. Zusätzlich möchte man bei den PatientInnen, welche bereits eine Verformung haben, ein weiteres Fortschreiten verhindern. (42)

Wichtig ist jedoch auch hier wieder, dass nur Verformungen, die in die Kategorie leicht fallen mit der Lagerung therapiert werden sollen. Für *Argenta et al.* gilt hier die Kategorie „ARGENTA Klasse I“. (16)

1.10.1 Physiotherapie

Die Beweglichkeit spielt eine wesentliche Rolle für motorische Entwicklung des Kindes. Deshalb sollte schon von Anfang an mit einer Physiotherapie begonnen werden. (43)

Auch wenn von der Literatur kein eindeutiger Startpunkt der Therapie angegeben wird, sollte der frühestmögliche Zeitpunkt gewählt werden um einen lagerungsbedingten LP zu behandeln oder zu verhindern.

Bei einem Torticollis oder Verkürzung sollte man eine passive Dehnung durchführen. (44) Aufgrund des unterschiedlichen Tonus, belastet das Kind die Seiten falsch. Dadurch kommt es auf der beanspruchten Seite zu einer Tonuserhöhung und auf der anderen Seite zu einem Abfall. Dadurch kommt es in weiterer Folge zur einseitigen Belastung, die lagerungsbedingte Schädeldeformitäten begünstigen und verstärken können.

Kinder die jünger als 6 Monate sind, sollten laut *Linz et al.* bei einem CVA < 10mm Wert, erst mit einer Physiotherapie beginnen, bevor man mit weiteren Therapien starten sollte. (2)

Bei einer Studie von 2015, die konservative Therapien auf ihre Wirksamkeit untersuchte, konnte festgestellt werden, dass es in 77,1% der PatientInnen zu einer Normalisierung gekommen ist. (45)

Dennoch hat die Physiotherapie auch nur begrenzte Möglichkeiten. Bei Verformungen die unter die Kategorie „mittelgradig“ bis „schwer“ fallen, sollte an eine andere Form der Behandlung gedacht werden. (39)

Trotzdem sollte auch bei anderen Therapien immer in Betracht gezogen werden die Physiotherapie begleitend miteinzubeziehen.

1.10.2 Osteopathie

Der Ursprung der Osteopathie geht ins 19. Jahrhundert zurück. *Andrew Taylor Still* versuchte eine Alternative zur bereits bekannten Medizin zu schaffen.

Der Grundgedanke dieser Alternativmedizin beschäftigt sich mit der „Gesamtheit“ des menschlichen Körpers und dass einzelne Komponenten wie Bewegungsapparat, Blutbahn und Nerven untereinander zusammenhängen und zu den jeweiligen Beschwerden führen.

Der Osteopath versucht dann die verschiedenen Spannungspunkte der Muskeln und Gelenke zu erkennen und zu behandeln. (46)

Grundsätzlich sollte die Osteopathie nur als Begleittherapie für die Erkennung von Schädeldeformitäten herangezogen werden und nicht zur eigentlichen Behandlung. (47)

Trotzdem kann es als unterstützendes Verfahren, zu Therapien wie der Kopforthese, hinzugezogen werden.

1.10.3 Kopforthese

Bereits in den 1970er Jahren kamen die ersten Kopforthesen zum Einsatz. Die damals verwendeten Helme stellen die Vorläufer der heute verwendeten und weiter entwickelten Modelle dar. (48)

Die Grundidee einer Orthese für den Kopf zielt auf den kindlichen, weichen und damit noch verformbaren Kopf ab.

Solange die Suturen noch nicht verschlossen sind, lässt sich der knöcherne Schädel noch sehr gut formen und lenken. Der Gedanke dahinter ist den Helm so anzupassen, dass Hohlräume an den Stellen entstehen, wo sich der Kopf noch ausdehnen soll. Auf der anderen Seite liegt die Orthese an den Stellen an, wo kein Wachstum mehr sein soll. Jedoch baut diese Art von Behandlung auf Kontakt statt Druck. Dadurch kann es jedoch zu Scheuerwunden kommen.

Mit der Therapie sollte in den ersten sechs Monaten des ersten Lebensjahres begonnen werden, da in diesem Zeitraum die Dynamik des Schädelwachstums am größten ist. Im Durchschnitt startet die Therapie im vierten Lebensmonat.

Hergestellt werden die Helme in unterschiedlichen Verfahren. Eine ist die Abnahme eines Gipsabdrucks des kindlichen Schädels. Dies dauert in der Regel 10 Minuten und sollte

gemeinsam mit der Mutter durchgeführt werden um das Kind zu beruhigen. Anschließend wird der Helm gespalten und sollte anschließend 23h/d getragen werden. Eine Kontrolle erfolgt alle 1-2 Wochen. (49)

Aufgrund der „langen Dauer“ und des hohen Aufwands wird heute die modernere Methode des 3D- Fotoscans angewandt. Hierbei erfolgt eine mit Hilfe von mehreren Aufnahmen erzeugtes dreidimensionales Bild, das anschließend vom Computer errechnet und in alle Richtungen

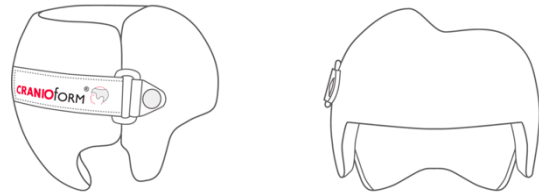


Abbildung 7: Helmorthese; mit freundlicher Genehmigung von der Firma Cranioform®

rotiert werden kann. Anschließend entstehen CAD/CAM gefertigte individuell angepasste Orthesen. Dies sind computergesteuerte Maschinen die mit der 3D-Stereophotogrammetrie als Vorlage die Helme produzieren. (20)

Die Therapielänge hängt dann immer vom „Schweregrad“ der Verformung ab. Die durchschnittliche Dauer liegt bei vier bis sechs Monaten. Nachdem die Behandlung abgeschlossen ist, gibt es keine Rezidive mehr.

Diese Form der Wachstumslenkung findet Einsatz vor allem beim lagebedingte Plagiozephalus und Brachyzephalus. Mit den individuell an die PatientInnen angefertigten Helme können hoch signifikante Erfolge verzeichnet werden. (42)

Doch auch die Zeitdauer zeigt bei Helmorthesen klare Vorteile. Im Vergleich zur Physiotherapie konnte mit der Helmtherapie ein deutlich schnelleres zufriedenstellendes Endresultat erzielt werden. (13, 47)

Auch gegenüber der Lagerungstherapie zeigte sich eine Überlegenheit. Mit Hilfe des von *Vles et al.* entwickelten Verformungsskala konnte gezeigt werden, dass eine signifikante Besserung mit der Helmtherapie gegenüber der Lagerung besteht. (17, 47)

Auch deutliche Besserungen bei Bissasymmetrien und damit verbundene Folgeschäden werden beschrieben. (51)

1.10.3.1 Nebenwirkung und Compliance

Einer der Hauptfaktoren zur erfolgreichen Therapie des Kindes mit einer individuell angefertigten Koporthese ist die „**Compliance**“, die Bereitschaft der Eltern den Helm laut Vorgaben des Arztes oder der Ärztin zu verwenden.

Dies inkludiert eine Tragezeit von 23h/d. Nur dadurch kann ein optimales Ergebnis erreicht werden. Die Reinigung des Helmes sollte in der dafür vorgesehene 1h/d erfolgen und diese auch nicht überschreiten.

In den ersten Tagen erfolgt ein Eintragen der Orthese. Hier wird vor allem auf mögliche Druckstellen geachtet. Ist dieser Zeitraum vorbei sind diese unwahrscheinlich.

Die Regelmäßige Kontrolle soll vor allem am Anfang in 3 Wochen abständen und dann 6 Wochen erfolgen. (20)

Oftmals spielt auch psychosoziale Faktoren eine wichtige Rolle. Eltern glauben, dass der Helm ihr Kind stört und stellen Vergleiche mit Gleichaltrigen her. Hier obliegt es dem Arzt oder der Ärztin den Erziehungsberechtigten gut zuzusprechen und zu erklären, dass Koporthesen eine von den PatientInnen sehr gut tolerierte Behandlungsmethode darstellen und in keiner Weise die Entwicklung, Freiheit oder die Lebensqualität ihres Kindes beeinträchtigt. (49, 50)

Die Helmtherapie wird von den Babys sehr gut toleriert und auch schwerwiegende Komplikationen konnten bislang nicht verzeichnet werden. (53)

Die Haupt-Nebenwirkung stellt der Dekubitus dar. Durch nicht ordnungsgerechte Anwendung bzw. nicht regelmäßige Anpassung, kommt es zu Druckstellen am kindlichen Schädel, die das weitere Tragen des Helms schwierig darstellen. Die Passformprobleme treten jedoch hauptsächlich bei inkonsequenter Anwendung auf, was meist auf die Compliance der Eltern zurückzuführen ist. (1) Die Helme wurden meist nicht ordnungsgemäß gereinigt oder an die sich verändernde Kopfform des Kindes nachjustiert. Die Hautirritationen und Druckstellen ließen sich jedoch Großteils sehr gut kontrollieren und stellen somit selten einen Abbruchgrund dar. (54)

Insgesamt lässt sich sagen, dass es laut *Willebrand* nur bei 25,4% der so behandelten Kinder zu Druckstellen oder Hautirritationen kommt. (55)

1.11 Ziel der Arbeit

Kopforthesen sind eine der mögliche konservative Therapieoption bei lagerungsbedingte Schädeldeformitäten. In den ersten Lebenswochen kommt es beim Säugling oftmals bedingt durch die Lagerung zu einem „LP“ oder einem „LB“, die sich im weiteren Verlauf auf die knöcherne Entwicklung des Schädels auswirkt und damit verbundene Probleme mit sich bringen kann.

Die Effektivität der Helmtherapie auf beide Kopfverformungsarten soll vor und nach der Behandlung durch Kopforthesen untersucht und verglichen werden.

Insgesamt werden in dieser Arbeit alle Schädelformen in der Schwere-Skala von „Normal“ bis „Schwer“ miteinbezogen. (56)

Das dafür ausgewählte Studiendesign stellt eine retrospektive Datenauswertung von 3D-Fotoscans dar. Die für die Vermessung notwendigen Bilder, werden aus der Datenbank von der Firma Cranioform® durch einen Computer randomisiert zur Verfügung gestellt.

1. Der erste Schritt stellt das Abmessen des Schädels durch eine im Vorhinein definierte Methode dar. In dieser Diplomarbeit werden dafür der „Cranial Index“ für den Brachyzephalus und die „Cranial Vault Asymmetry“ für den Plagiozephalus verwendet. Die 3D- Fotoscansbilder werden in einem VAM-Programm geöffnet und anschließend damit die Längen berechnet.
2. Die Hypothese besteht darin, dass ein Vergleich zwischen vor und nach der Helmtherapie und die damit verbundene *Effektivität* dargestellt werden soll. Zu erwarten ist, dass es zu einer Verbesserung und damit verbunden Normalisierung der Schädelform, bei richtiger Anwendung, kommt. Ziel ist es das Anfangs- und Endbild gegenüber zu stellen und somit einen Vorher/Nachher Vergleich von Kleinkindern mit lagebedingten Kopfdeformitäten zu analysieren.

3. Als Nullhypothese wird angenommen, dass es zu keiner Besserung kommt. Dies lässt sich durch die Signifikanz und den Cohens Wert berechnen. Sollte $p < 0,05$ sein, kann die Nullhypothese verworfen werden. Die Effektivitätsstärke der Veränderung der Kopfformen kann anschließend mit den Cohens Wert gezeigt werden.

2 Material und Methoden

2.1 PatientInnenkollektiv

Die Grundlage stellt ein Datensatz von insgesamt 30 PatientInnen dar. Diese wurden von einem Computer randomisiert von der Firma Cranioform® ausgewählt und elektronisch übermittelt. Die PatientInnen, sowohl männlich als auch weiblich, befinden sich im Alter von 6 Monaten bis 2 Jahre.

Die Fallzahl wurde mit folgenden Werten berechnet:

- Cohens – Wert = 1
- Alpha – Wert = 0,05
- Power – Wert = 0,8

Die errechnete Mindestanforderung stellte 10 TeilnehmerInnen dar und ist somit erreicht.

15 der PatientInnen gehörten in die Kategorie „LB“ und 15 zu den „LP“.

Bei Verdacht auf eine lagerungsbedingte Schädeldeformität wurde ein 3D- Fotoscan durchgeführt. Ab einem Schweregrad von „Mild“ kann an eine Helmorthesentherapie gedacht werden. Die Gradeinteilung erfolgt etwas später in der Arbeit.

Grundvoraussetzung stellt die korrekte Aufnahme des 3D- Fotoscans vom Schädel zu Beginn und am Ende der Therapie, dar.

Auch wurde bei der Auswahl darauf geachtet, dass keine Artefakte vorhanden sind. Zusätzlich müssen bei allen Bildern die gleichen im Vorhinein definierten Punkte im 3D- Fotoscan beim Schädel sichtbar sein.

Ausgeschlossen werden alle Kinder, bei denen eine Synostose im Vorhinein diagnostiziert wurde oder welche sich in einem Alter befinden, in dem die Schädelnähte bereits verschlossen sind. Grundvoraussetzung waren somit offene und nicht verwachsene Suturen.

PatientInnen, welche die Therapie abgebrochen haben oder aufgrund von Erkrankungen keine Therapie erhalten konnten wurden ebenfalls nicht miteingeschlossen.

2.2 Therapieverlauf

Die individuell angefertigten Helme besteht entweder aus Kunststoff (Polyethylen) oder einem etwas weicheren Schaumstoff (Polyurethan). Die Voraussetzung für die Anfertigung einer Orthese stellt die Bereitschaft der Eltern dar, konsequent die Therapie verfolgen zu wollen. Das bedeutet, das Tragen des Helmes von insgesamt 23 Stunden pro Tag, um den größtmöglichen Erfolg zu erzielen.

In den Pausen erfolgt das Reinigen des Helmes. Dafür sollte Alkohol genutzt werden um etwaige Infekte mit Keimen vorzubeugen. Auch üble Gerüche können damit entfernt werden. Des Weiteren sollte auf Druckstellen oder Schürfungen am Kindsschädel geachtet werden. Falls vorhanden, können Salben und Cremes zum Einsatz kommen und es sollte die Größe und Form des Helms nachkontrolliert werden.

Dennoch sollten die emotionale Bindung und körperliche Nähe unter der Therapie nicht leiden. Für kurze Kuschelzeiten kann die Orthese schnell an und ausgezogen werden.

Auch spielt die Toleranz der Kinder eine wesentliche Rolle. Im Normalfall werden die Helme wie Kleidungsstücke angesehen und stören die PatientInnen im Alltag nicht.

2.3 Ende der Therapie

Den Abschluss stellt die Normalisierung der Kopfform dar. Die letzte Vermessung erfolgt, gleich wie die Messungen im Verlauf, mit dem 3D- Fotoscan. Dabei sollte die Ausbildung eines physiologischen Hinterkopfes und ein Rückgang der Abflachung ersichtlich werden. Sobald ein kosmetisch gutes Ergebnis erreicht ist, beschließen auch einige Eltern von sich aus das Ende der Behandlung, indem sie die Orthese nicht mehr anlegen.

Je älter die Kinder werden, umso weniger tolerieren sie auch die Kopforthese. Ab dem 15 Monate können die Behandlungen meist nicht mehr ordnungsgemäß durchgeführt werden und stellt somit meist auch das Ende der Behandlung dar.

2.4 Messgrößen und Messmethode

Für die Vermessung bei der Auswertung werden die von der Firma Cranioform® produzierten 3D-Fotoscans herangezogen. Diese entstehen durch einen sogenannten 3D-Scan. Hierbei werden gleichzeitig Fotos von mehreren Seiten des Kindes angefertigt. Insgesamt dauert es nur 1,5 Millisekunden. Dies ist in der **Abbildung 8** zur besseren Vorstellung dargestellt.

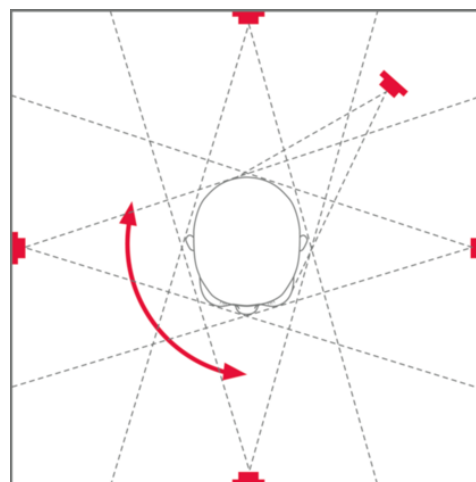


Abbildung 8: 3D- Fotoscan; mit freundlicher Genehmigung von der Firma Cranioform®

Anschließend werden diese Fotografien durch die Software CRANIOFORM Analytics® zu einem 3D-Modell rekonstruiert, welches anschließend reproduzierbare Bilder und Werte liefert.

Mit Hilfe des Programms „VAM 3D®“ können nun reelle Größen von den virtuellen PatientInnenköpfe berechnet und vermessen werden.

Die **Abbildung 9** stellt die errechneten Werte und die Einteilung in die einzelnen Gruppen dar:

	sex_brachi	brachi_vor	brachi_nach	sex_plagi	plagi_vor	plagi_nach
1	w	99	92	m	18	3
2	m	99	96	m	22	3
3	m	107	96	m	13	1
4	m	106	97	w	22	3
5	m	111	95	m	21	5
6	m	107	94	m	12	2
7	m	100	95	m	15	1
8	w	95	92	w	17	4
9	m	108	97	w	23	4
10	w	102	95	m	12	2
11	m	100	95	m	17	6
12	m	99	94	m	22	2
13	m	99	93	m	21	3
14	m	99	91	m	11	3
15	m	99	90	m	13	1

Abbildung 9: Datensatz für die Vermessung VOR/NACH der Therapie

Als Messgrößen werden folgende Punkte herangezogen:

Kopfbreite	x- Achse größte Ausbreitung in mm
Kopflänge	y- Achse größte Ausbreitung in mm
Kopf – Diagonale 1	Längste Diagonale (Abbildung 10)
Kopf – Diagonale 2	Kürzeste Diagonale (Abbildung 10)

Tabelle 5: Definition der einzelnen Messgrößen

Die in der **Abbildung 9** beschriebenen Werte werden für die Berechnung von folgenden Parametern verwendet und in der **Abbildung 10** veranschaulicht:

- **Cranial Index (CI)** = Verhältnis von Kopflänge und Kopfbreite

$$\text{Cranial Index(CI)} = \frac{\text{Kopfbreite}}{\text{Kopflänge}} \times 100$$

- **Cranial Vault Asymmetry (CVA)** = Subtraktion der längeren Diagonale 1 von der kürzeren Diagonale 2

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

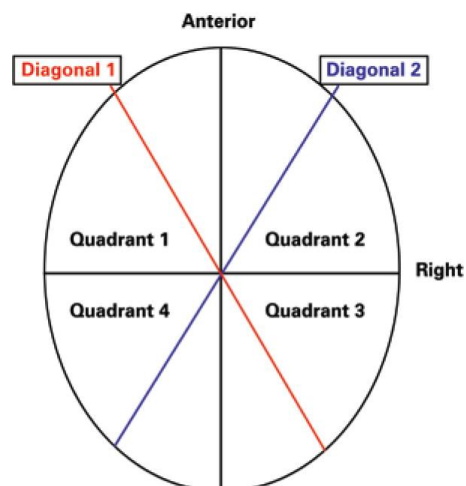


Abbildung 10: Schema für den Cranial Vault Asymmetry (CVA) und Cranial Index (CI) übernommen aus (37)

Für die Auswertung des Plagiozephalus wird der CVA und für den Brachyzephalus der CI herangezogen. Der Ausgang stellt die sogenannte „Severity Scale“, also „Schwere Skalar“ von der Ausgabe des „Children’s Healthcare of Atlanta“, dar. (56) Diese gibt an wie stark die Verformung des kindlichen Schädels ausgeprägt ist. Es kommt zu einer Unterteilung in 4 Schweregrade. Somit kann der vorher und nachher Wert und damit der Verlauf der Kopfverformung genau dargestellt und analysiert werden.

Für den Brachyzephalus wird das Verhältnis von Länge zur Breite herangezogen. Für die Unterteilung werden folgende Werte angenommen:

<u>Normalbereich</u>	$75\% \leq X \leq 90\%$
<u>Mild</u>	$91\% \leq X \leq 93\%$
<u>Moderat</u>	$94\% \leq X \leq 97\%$
<u>Schwer</u>	$97\% < X$

Tabelle 6: Einteilung der Schweregrade bei Brachyzephalus (56)

Für die Vermessung des Brachyzephalus wurde die Ansicht von Cranial eingestellt. Somit konnte ein Horizontalschnittbild des Kopfes dargestellt werden.

Anschließend wurden für die Messung der Breite die prominentesten Punkte herangezogen, hier mit der Ziffer 3 und 4 dargestellt, und dann auf der Höhe der beiden Ohren eine Linie gezogen.

Für die Messung der Länge wurden wieder die markantesten Stellen, ventral die Glabella mit 1 markiert und das Ophistocranium dorsal mit der Zahl 2, verwendet.

Für eine bessere Vorstellung wird dies in den **Abbildungen 11/12** dargestellt.

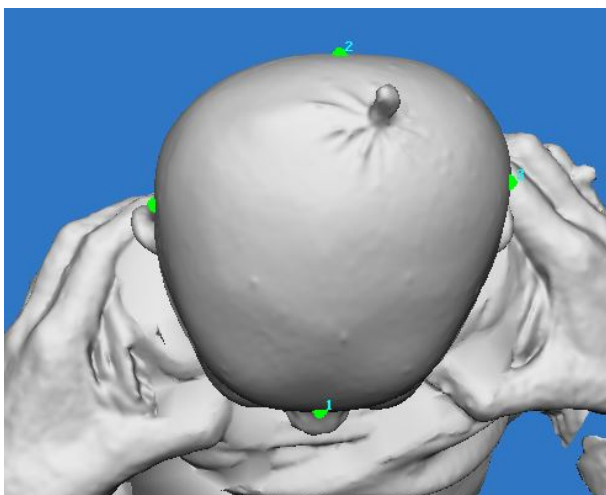


Abbildung 12: Brachycephalus VOR der Therapie

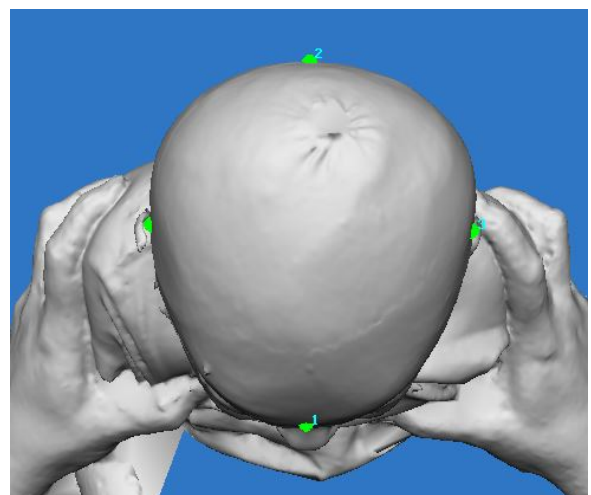


Abbildung 11: Brachycephalus NACH der Therapie

Für die Auswertung des Plagiozephalus wird der CVA angewandt. Dabei kommt es zu einer Subtraktion der längeren Diagonale- A minus der kürzeren Diagonale-B. Dabei ergibt sich immer ein positiver Wert, der anschließend in folgende Gruppen unterteilt werden kann:

<u>Normalbereich</u>	0 – 4mm
<u>Mild</u>	5 – 9mm
<u>Moderat</u>	10 – 15mm
<u>Schwer</u>	>15mm

Tabelle 7: Einteilung der Schweregrade bei Plagiozephalus (56)

Für die Vermessung des Plagiozephalus wurde genauso wie davor die Ansicht von Cranial genommen, um so auch hier einen Horizontalschnitt gewährleisten zu können.

Hier wurden Diagonalen von ventral, zuerst von links vorne auf der Höhe der Orbita mit der Ziffer **1**, zum prominentesten Punkt mit der größten Länge dorsal, hier mit der Zahl **2**, verbunden. Auf der rechten Seite erfolgt dies auf gleiche Weise von Punkt **3** nach **4**, wobei hier die kleinste Strecke gewählt wurde.

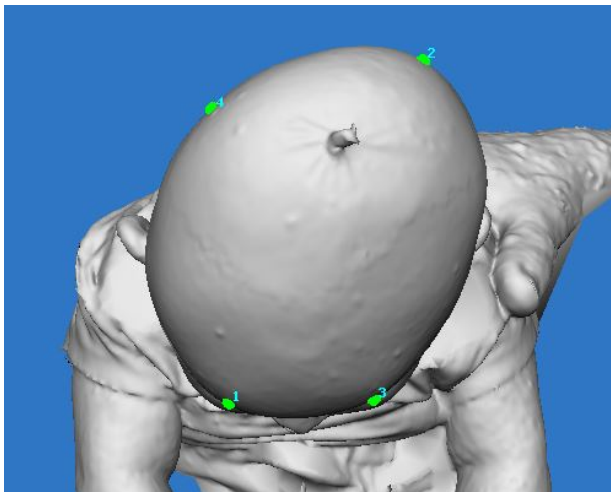


Abbildung 14: Plagiozephalus VOR der Therapie

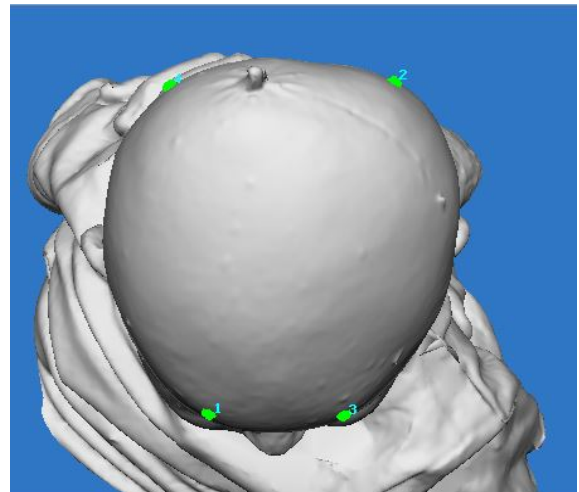


Abbildung 13: Plagiozephalus NACH der Therapie

Diese Messmethode erfolgt im Prinzip wie das „Kraniometer“. Mit diesem werden vom untersuchenden Arzt oder Ärztin die Distanz zwischen zwei Punkte abgemessen, die anschließend zur Berechnung für verschiedenen Kopfdeformitäten dient.

Bei der elektronischen Vermessung jedoch, können Artefakte, wie Bewegung des Kleinkindes, und somit Messfehler ausgeschlossen bzw. vermindert werden.

Des Weiteren können die Messwerte exakt und genau reproduziert werden, was im Alltag meist nur erschwert bis gar nicht möglich ist.

3 Ergebnisse

3.1 Boxplots

Die Anfertigung von Boxplots soll dazu dienen, Ausreißer herauszufiltern und interpretieren zu können.

Diese würden in weiterer Folge den abhängigen T- Test durch eine Veränderung des Standardfehlers verfälschen.

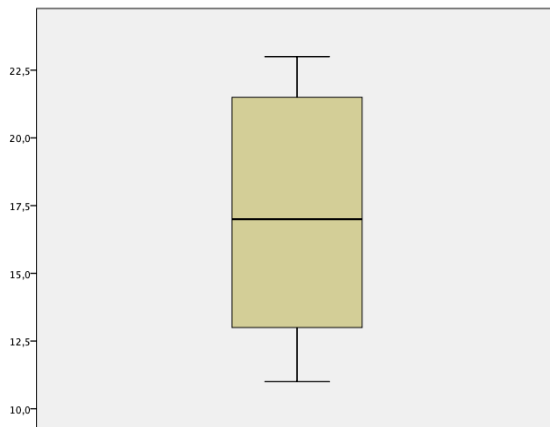


Abbildung 15: Boxplot für Plagiozephalus

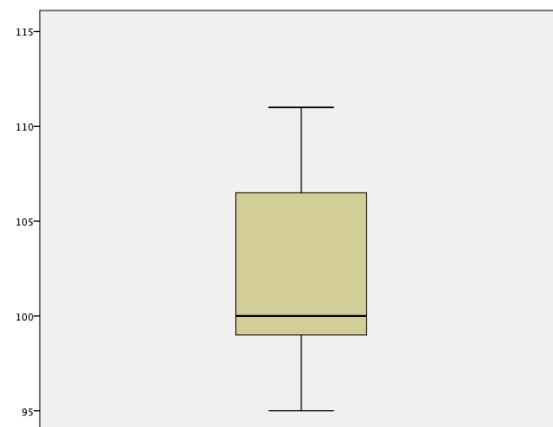


Abbildung 16: Boxplot für Brachyzephalus

Denn eine starke Erhöhung führt dazu, dass es zu keiner Signifikanz mehr kommt.

In den beiden **Abbildungen 15/16** können keine Ausreißer vor Behandlungsbeginn ausfindig gemacht werden. Somit müssen keine PatientInnen aus der Liste herausgenommen werden und die Auswertung kann wie geplant fortgeführt werden.

3.2 Geschlechtsverteilung

Die Geschlechtsverteilung der insgesamt 15 untersuchten PatientInnen bei der Gruppe lagerungsbedingter Brachyzephalus sind in der **Tabelle 8** dargestellt.

	Häufigkeit	Prozent
männlich	12	80,0
weiblich	3	20,0
Gesamt	15	100,0

Tabelle 8: Geschlechtsverteilung Brachyzephalus

80% der behandelnden Kinder fallen in die Kategorie männlich. Nur 20% davon sind weiblich.

In der **Tabelle 9** kann die Geschlechtsverteilung für die Gruppe des Plagiozephalus abgelesen werden.

	Häufigkeit	Prozent
männlich	12	80,0
weiblich	3	20,0
Gesamt	15	100,0

Tabelle 9: Geschlechtsverteilung Plagiozephalus

Hier verhält sich die Aufteilung wie bei dem Brachycephalus. 80% der Kinder sind männlich und 20% weiblich.

3.3 Severity-Scale Einteilung

Brachycephalus Therapieanfang

	Häufigkeit	Prozent
CI- Wert 95	1	6,7
99	6	40,0
100	2	13,3
102	1	6,7
106	1	6,7
107	2	13,3
108	1	6,7
111	1	6,7
Gesamt	15	100,0

Tabelle 10: Cranial Index- Werte bei Brachycephalus bei Therapiebeginn

In der **Tabelle 10** lassen sich die Häufigkeiten der einzelnen Cranial Index Werte bei vorliegenden Brachycephalus zu Therapiebeginn ablesen. Hier wird ersichtlich, dass die meisten Kinder, nämlich 40%, einen CI- Wert von 99% hatten und somit in die schwerste Kategorie fallen. Nur 1 TeilnehmerIn gehört in die Gruppe „Moderat“.

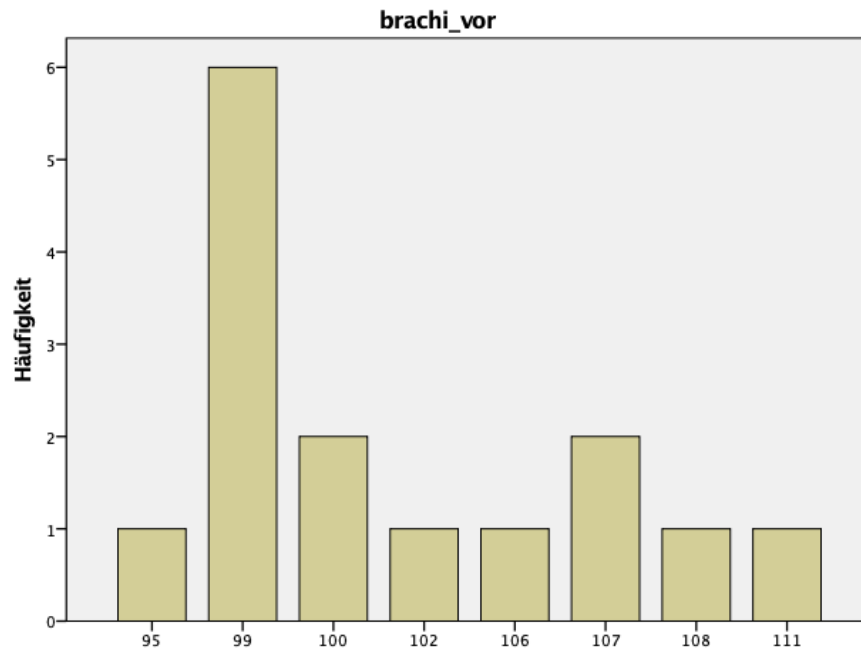


Abbildung 17: Balkendiagramm für die Verteilung bei Brachyzephalus VOR Therapie

In dem Balkendiagramm (**Abbildung 17**) kann für eine bessere Veranschaulichung die Verteilung des Cranial Index vor Beginn der Helmtherapie abgelesen werden.

	Häufigkeit	Prozent
Moderat	1	6,7
Schwer	14	93,3
Gesamt	15	100,0

Tabelle 11: Schwereskala Brachyzephalus Therapieanfang

Hier in der zusammengerechneten **Tabelle 11** ersichtlich, lässt sich erkennen, dass keine der PatientInnen in die Kategorie „Normal“ oder „Mild“ fallen. 6,7% gehören zu der Gruppe „Moderat“ und 93,3% fallen sogar in die Einteilung „Schwer“, und weisen somit die stärkste Form einer Deformität auf.

Brachyzephalus Therapieende

		Häufigkeit	Prozent
CI- Wert	90	1	6,7
	91	1	6,7
	92	2	13,3
	93	1	6,7
	94	2	13,3
	95	4	26,7
	96	2	13,3
	97	2	13,3
	Gesamt	15	100,0

Tabelle 12: Cranial Index- Werte bei Brachyzephalus bei Therapieende

In der **Tabelle 12** kann die Einteilung in die „Schwereskala“ am Ende der Therapie abgelesen werden. Hier zeigt sich, dass die meisten Kinder nun einen CI- Wert von 95% hatten. Keines der Kinder hatte einen höheren CI- Wert als 97%.

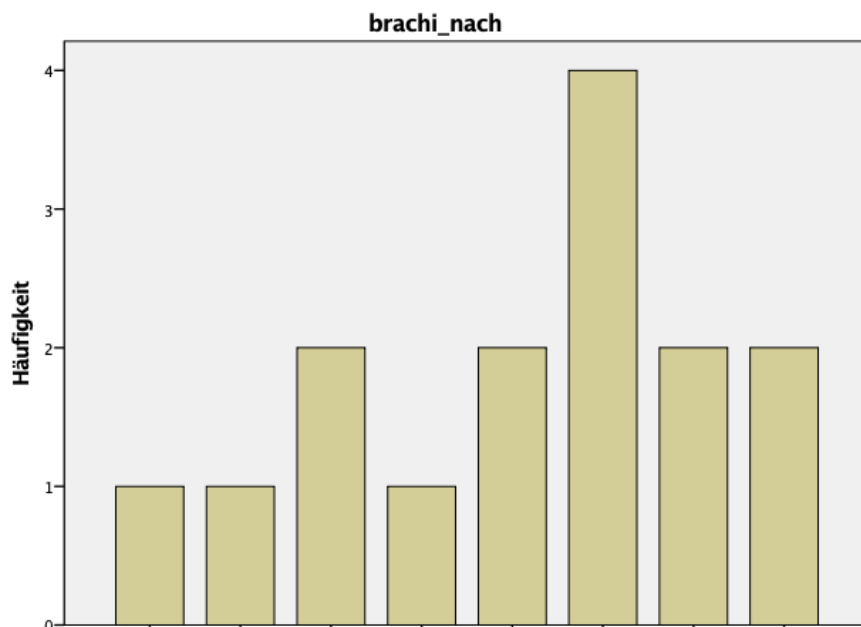


Abbildung 18: Balkendiagramm für die Verteilung bei Brachyzephalus NACH Therapie

Die Werte des lagerungsbedingten Brachyzephalus am Ende der Therapie werden für die bessere Vorstellung in einem Balkendiagramm (**Abbildung 19**) dargestellt.

	Häufigkeit	Prozent
Normal	1	6,7
Mild	4	26,7
Moderat	10	66,7
Gesamt	15	100,0

Tabelle 13: Schwereskala Brachyzephalus Therapieende

In der **Tabelle 13** wurden die einzelnen Gruppenwerte wieder zusammengerechnet. Nach Abschluss der Behandlung konnten keine Kinder mehr in der Kategorie „Schwer“ ausgemacht werden.

66,7% weisen eine Deformität von „Moderat“ und 26,7% von „Mild“ auf. Ein Kind fällt sogar in die Gruppe „Normal“ und weist somit eine physiologische Kopfform nach der Therapie auf.

Plagiozephalus Therapieanfang

	Häufigkeit	Prozent
CVA- Wert 11	1	6,7
12	2	13,3
13	2	13,3
15	1	6,7
17	2	13,3
18	1	6,7
21	2	13,3
22	3	20,0
23	1	6,7
Gesamt	15	100,0

Tabelle 14: Cranial Vault Asymmetry- Werte bei Plagiozephalus bei Therapiebeginn

In der **Tabelle 14** werden die Verteilungen der einzelnen CVA- Werte gezeigt. Die meisten Kinder (20%) hatten ein Ergebnis von 22mm. Keiner der behandelten PatientInnen fiel unter 11mm. Der höchste Wert wurde von einem Kind erreicht und betrug 23mm.

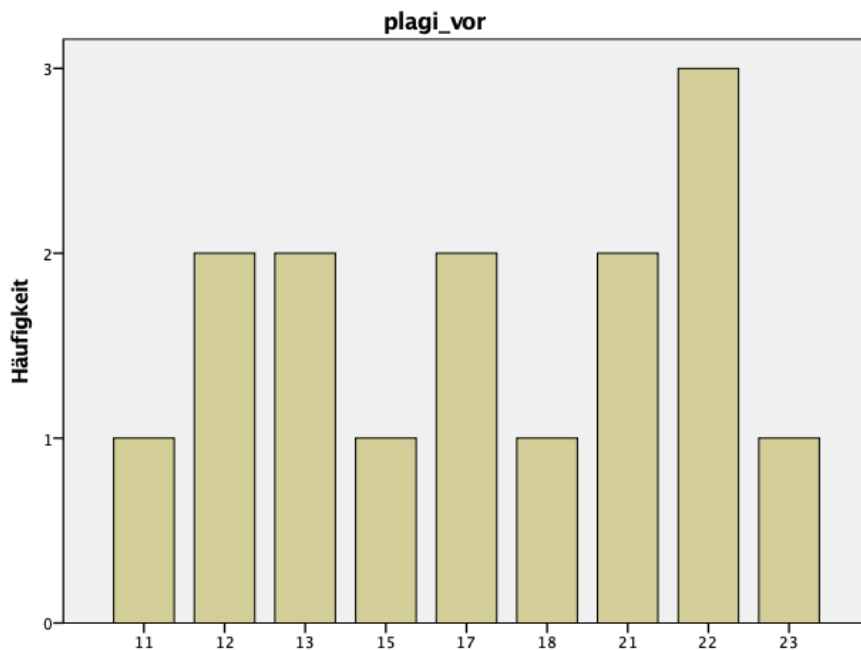


Abbildung 19: Balkendiagramm für die Verteilung bei Plagiozephalus VOR Therapie

Das Balkendiagramm (**Abbildung 19**) zeigt wieder die Verteilung des lagerungsbedingten Plagiozephalus vor Beginn der Therapie.

	Häufigkeit	Prozent
Moderat	6	40,0
Schwer	9	60,0
Gesamt	15	100,0

Tabelle 15: Schwereskala Plagiozephalus Therapieanfang

Die **Tabelle 15** stellt die zusammengerechnete Einteilung der Gruppe lagerungsbedingter Plagiozephalus am Anfang der Therapie dar.

Hier lässt sich ablesen, dass 60% der Kinder in die Gruppe „Schwer“ fallen und somit die stärkste Schädeldeformität aufweisen.

40% gehören zur Kategorie „Moderat“. Keiner von den Kindern gehörte zur Einteilung „Normal“ oder „Mild“.

Plagiozephalus Therapieende

		Häufigkeit	Prozent
CVA- Wert	1	3	20,0
	2	3	20,0
	3	5	33,3
	4	2	13,3
	5	1	6,7
	6	1	6,7
	Gesamt	15	100,0

Tabelle 16: Cranial Vault Asymmetry- Werte bei Plagiozephalus bei Therapieende

In der **Tabelle 16** wird das Ergebnis des Plagiozephalus am Ende der Therapie dargestellt. Hier lässt sich ablesen, dass nun die meisten Kinder (33,3%) einen CIA- Wert von 3 mm hatten. Der höchste Wert am Ende betrug 6 mm.

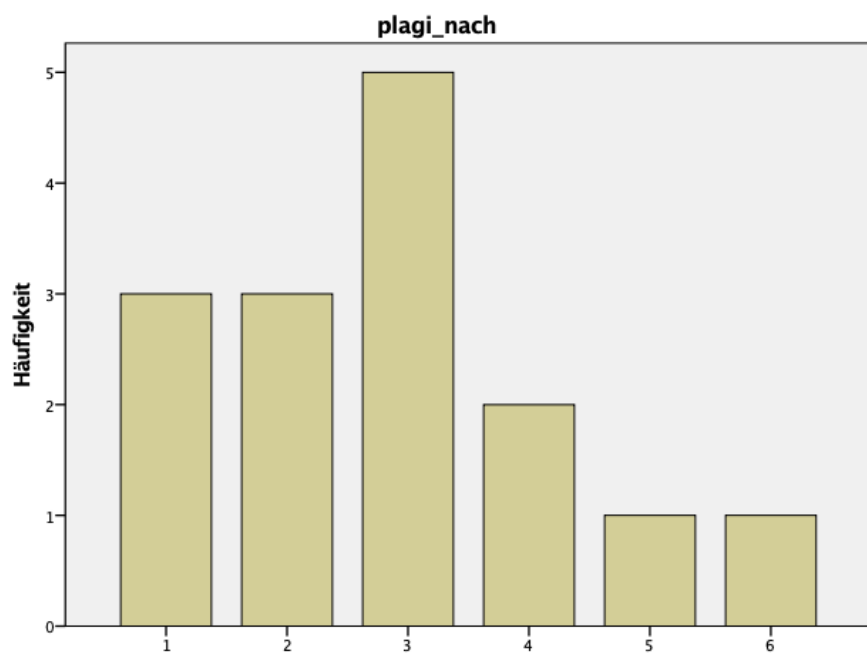


Abbildung 20: Balkendiagramm für die Verteilung bei Plagiozephalus NACH Therapie

Auch hier wird ein Balkendiagramm (**Abbildung 21**) für eine bessere Veranschaulichung der einzelnen Werte nach der Behandlung gezeigt.

	Häufigkeit	Prozent
Normal	13	86,7
Mild	2	13,3
Gesamt	15	100,0

Tabelle 17: Schwereskala Plagiozephalus Therapieende

In der zusammenrechneten **Tabelle 17** zeigt sich, dass keine der Kinder mehr in die Gruppen „Moderat“ oder „Schwer“ fallen. Damit lässt sich bei 100% der PatientInnen eine Verbesserung ableiten.

13,3% gehören in die Gruppe „Mild“ und 86,7% zur Kategorie „Normal“ und weisen somit eine physiologische Kopfform auf.

3.4 T-Test bei abhängigen Variablen

Für den T-Test mit den abhängigen Variablen „brachi_vor“ , „brachi_nach“ , „plagi_vor“ und „plagi_nach“ wird als Nullhypothese angenommen, dass es nach der Helmtherapie zu keiner Änderung des Mittelwertes, das bedeutet keine Verbesserung der Schädelform kommt und damit die Behandlung keinen Effekt hat. Verglichen wurden nur dieselben Schädeldeformitäten, die in der gleichen Gruppe waren, untereinander.

Ziel ist es die Nullhypothese zu widerlegen und zu verwerfen. Das bedeutet ein Signifikanzwert $\rightarrow p < 0,05$.

Sollt der p-Wert kleiner sein lässt sich schlussfolgern, dass die Kopforthese eine signifikante Verbesserung bringt. Auf der anderen Seite, sollte der p-Wert größer oder gleich 0,05 sein, bedeutet dies, dass der Effekt mit einer Helmtherapie auf die Kopfdeformität zu verwerfen ist.

Sollte, dass der Fall sein, kommt es zu keiner signifikanten Verbesserung durch die Kopforthese.

3.4.1 Cohens-Test

Um die Effektstärke der Besserung nun ausdrücken zu können, kommt der sogenannte Cohens-Test zum Einsatz. Hierbei wird die Differenz der Mittelwerte durch die Standardabweichung dividiert.

$$d = \frac{M_1 - M_2}{S_p}$$

Folgende Werte gelten für den Cohens Test:

- $d = 0,1$ → kleiner Effekt
- $d = 0,3$ → mittlerer Effekt
- $d = 0,5$ → starker Effekt

3.4.2 Lagerungsbedingter Brachyzephalus

Die **Tabelle 18** stellt den Mittelwert des Brachyzephalus „Vor“ und „Nach“ der Therapie dar. Hier lässt sich ablesen, dass zu Beginn der Therapie der Mittelwert des CI bei 102% lag.

Am Ende der Therapie zeigt sich ein gerundeter Wert von 94%. Das bedeutet, dass es in der Gruppe des Brachyzephalus zu einer Verbesserung von ca. 8% gekommen ist.

	Beginn	Ende
N	15	15
Cohens=2,1		
Mittelwert	102,00	94,13
Median	100,00	95,00
Standardabweichung	4,583	2,134
Minimum	95	90
Maximum	111	97
95% Konfidenzintervall der Differenz		Sig. (2-seitig)
Untere	Obere	
5,817	9,916	,000

Tabelle 18: Cohens - Mittelwert - Median - Standardabweichung – Signifikanz für Brachyzephalus

Das Minimum betrug am Anfang der Therapie 95% und am Ende nur mehr 90%. Auch das Maximum wurde um 14% gesenkt und betrug am Schluss nur noch 97%.

Die Standardabweichung und damit verbunden der Standardfehler zeigt ebenfalls einen Rückgang von 4,58% auf 2,13%.

In der **Tabelle 18** lässt sich ebenfalls der Signifikanzwert ablesen. Der p-Wert ist deutlich kleiner als 0,05 ($p < 0,000$) und mit einem Cohens Wert von 2,1 lässt sich ein starker Effekt in Sachen Verbesserung der Schädelform durch die Helme vor Therapiebeginn zum Ende ableiten.

Damit wird die Nullhypothese bei Brachyzecephalus widerlegt. Somit stellt die Behandlungsform mit Kopforthesen hier eine sehr gute Wahl mit hohem Wirkungsgrad dar.

3.4.3 Lagerungsbedingter Plagiozephalus

Die **Tabelle 19** stellt den Mittelwert des Plagiocephalus „Vor“ und „Nach“ der Therapie dar. Am Anfang der Behandlung zeigt sich bei den 15 Kindern ein Mittelwert des CVA von 17,27 mm, nach der Therapie nur mehr von 2,87 mm.

Das bedeutet, dass es hier im Durchschnitt zu einer Verbesserung von ca. 14 mm gekommen ist. Damit kam es hier zu einer sehr starken Abnahme der Schädelverformung.

	Beginn	Ende
N	15	15
Cohens=3,5		
Mittelwert	17,27	2,87
Median	17,00	3,00
Standardabweichung	4,350	1,457
Minimum	11	1
Maximum	23	6
95% Konfidenzintervall der Differenz		Sig. (2-seitig)
Untere	Obere	
12,227	16,573	,000

Tabelle 19: Cohens - Mittelwert - Median - Standardabweichung – Signifikanz für Plagiozephalus

Auch beim Plagiozephalus zeigt sich eine Reduktion der Standardabweichung von 4,3 mm auf 1,46 mm. Des Weiteren gibt es in der **Tabelle 19** eine sehr hohe Signifikanz. Der p-Wert ist hier ebenfalls kleiner als 0,05 ($p < 0,000$).

Auch hier lässt sich aufgrund eines Cohens Wert von 3,5 darauf schließen, dass es einen sehr starken Effekt bei der Helmtherapie gibt. Zusätzlich lässt sich auch eine deutliche Verbesserung der Kopfform nach der Behandlung aufzeigen.

Deshalb stellt auch hier die Therapie mit einer Kopforthesen eine sehr gute Option dar.

4 Diskussion

4.1 Allgemeines

Seit Beginn der „Backt to Sleep“-Kampagne im Jahre 1992 kommen Schädeldeformitäten wie „Brachyzephalus“ und der „Plagiozephalus“ vermehrt vor. Es zeigt sich eine starke Verbindung zwischen der Rückenlage und der gehäuften Kopfverformungen und gibt auch einige Erklärungsansätze, wie es dazu kommen kann. Ein Beispiel stellt der Vergleich mit einem Wasser gefüllten Luftballon dar. (9)

Aufgrund der Schwerkraft kommt es zu einer Abflachung und Verformung durch den von der Auflage vorgegebenen Widerstand. Je nach Dauer und Lage des Kindes kommt es zu stärkeren und verschiedenen Ausprägungsformen. Für mich stellt dieser Ansatz eine sehr gute Erklärung dar.

Seit ca. 20 Jahren befasst sich die Forschung intensiv mit lagerungsbedingten Schädelverformungen. Es wird versucht neue Therapieansätze und Lösungsansätze zu erarbeiten.

Der Hauptfokus liegt darin, ein für das Kind möglichst schonendes Verfahren, wie es bei konservativen Behandlungen üblich ist, zu finden und anzuwenden. Ziel ist es die Operation, wie es bei Kraniosynostosen oftmals der Fall ist, zu umgehen, da jeder Eingriff ein hohes Risiko darstellt. Die daraus möglichen Folgen, wie Infektionen, können oft schwerwiegend sein. Auch stellt eine operative Behandlung keine 100%ige Garantie für einen Erfolg dar und sollte meiner Meinung nach erst der letzte Schritt, nach einer gescheiterten konservativen Behandlung, versucht werden.

Anfangen von Physiotherapie, Lagerungsschulungen wie die „tummy time“ oder mit speziell entwickelten Lagerungskissen bis hin zu den Kopforthesen stellen alle sehr gute Behandlungsoptionen dar. Je nachdem welche Form und Stärke der Deformität vorliegt können die unterschiedlichen Behandlungsformen zum Einsatz kommen.

Diese nicht invasiven Methoden stellen insgesamt nur ein sehr geringes bis kein Risiko für das Kind dar und führen laut Literatur zu einem sehr guten Ergebnis. Ein sehr gutes kosmetisches Ergebnis liefert zum Beispiel die Kombination aus Physiotherapie und Helmorthese. Hier kommt es in einer deutlich kürzeren Zeit zu sehr guten optischen Verbesserungen der Kopfform. (13, 37, 41, 47)

Bevor jedoch eine Behandlungsmethode gewählt wird, muss sichergestellt werden, um welche Deformität es sich handelt und sie anschließend in die jeweiligen Gruppen

einteilen. Denn jede Art von Verformung wirkt sich in weiterer Folge auch anders auf die Entwicklung aus. Zusätzlich sollte zwischen der lagerungsbedingte nicht synostotischen, die sich im Normalfall in den ersten 3 Lebensmonaten entwickeln und sichtbar werden, im Vergleich zu den synostotischen Deformitäten unterschieden werden. Dies kann mit bildgebenden Verfahren wie, Röntgen, MRT oder Sonographie erfolgen. Denn ein vorzeitiger Verschluss der Kopfnähte stellt eine Operationsindikation. Hier werden die zu früh entstandenen Verwachsungen wiedereröffnet, um ein physiologisches Wachstum des Knöchernen Schädels wieder zu gewährleisten.

Die Lagerungsdeformitäten sind meist multifaktoriell bedingt. Die möglichen Entstehungszeitpunkte sind vor, während oder nach der Geburt. Meist spielt intrauterin der Platz die Hauptrolle, wie es bei Mehrlingsschwangerschaften oder großen Babys der Fall ist. Auch kann es während der Entbindungen durch Krafteinwirkungen, wie Saugglocken, zu einer anhaltenden Verformung kommen. Nach der Geburt steht die Lagerung des Kindes im Vordergrund. Dadurch kommt es in den meisten Fällen zu den Kopfdeformitäten. Deshalb sollte hier besonders darauf geachtet werden regelmäßige Positionsveränderungen durchzuführen. Zusätzlich kann man durch häufiges Tragen des Kindes mit einem Bauchtuch zusätzlich eine weitere Entlastung erreichen.

Eine weitere Grundvoraussetzung ist die Compliance der Eltern. Erst bei regelmäßigen und richtigen Anwendungen der jeweiligen Behandlungsmethode kann es zu einem größtmöglichen Erfolg kommen. Hier obliegt es dem Arzt oder der Ärztin die Aufklärung und die möglichen Folgeschäden genauestens zu erklären und anschließend während der Therapiedauer die Behandlung zu überwachen und die Fortschritte zu dokumentieren.

Auch wenn die lagerungsbedingten Schädeldeformitäten akut keine Lebensbedrohung darstellen, kann es dennoch in weiter Folge zu physischem und geistigem Auswirken kommen.

Eine Veränderung der Schädelbasissymmetrie, bedingt durch Lagerungsdeformitäten zum Beispiel, hat zur Folge, dass Kiefergelenk, Zähne und die psychomotorische Entwicklung der Kinder negativ beeinflusst werden. (26)

Die Kopforthesen, die in dieser Arbeit genauer behandelt werden, stellen eine der nicht-operativen Anwendungen dar. Die Grundidee ist einfach: „Man nehme einen Helm und lasse den kindlichen Schädel in die vorgegebene Form reinwachsen“.

Die Kernfragen hat sich damit beschäftigt die Vorteile der Helme herauszuarbeiten und die Effektivität zwischen „vor“ und „nach“ der Therapie zu erläutern.

Ziel war es aufzuzeigen, dass es nach einer Behandlung mit Kopforthesen zu einer signifikanten Verbesserung ($p < 0,05$) kommt.

4.2 Ergebnisse

Bei den 15 Kindern mit Brachycephalus kam es zwischen dem Anfang und dem Ende der Therapie zu einem deutlichen Rückgang der Deformität. Dies lässt sich anhand der **Tabelle 18** genau ablesen. Auch beim Plagiocephalus wird eine deutliche Verminderung der Deformität, hier in der **Tabelle 19**, ersichtlich. Keine der 30 Kinder fiel am Ende der Therapie mehr in die Gruppe „Schwer“. Meist gab es einen Rückgang von einer Stufe auf der „Schwere Skala“, manchmal auch von zwei oder mehr Stufen.

Im Durchschnitt lag der Wert vor der Therapie bei Plagiocephalus bei 17,3 mm. Nachher nur noch bei 2,9 mm. Damit fiel der Mittelwert nach der Behandlung in die Gruppe „Normbereich“, der sich von (0 mm – 4 mm) erstreckt.

Beim Brachycephalus kam es im Durchschnitt vor der Kopforthese zu einem Wert von 102%. Dies fällt eindeutig in den Bereich „Schwer“ der ab 97% beginnt.

Nach der Therapie wiederum lag der Mittelwert bei 94%, das bedeutet die Gruppe „Moderat“ ($94\% \leq X \leq 97\%$). Jedoch mehr im unteren Bereich und somit fast übergehend zur Gruppe „Mild“ ($91\% \leq X \leq 93\%$).

Bei beiden Kopfdeformitäten wurden ein p-Wert $< 0,05$ errechnet, was für eine sehr hohe Signifikanz spricht. Auch der ermittelte Cohens-Wert war bei beiden lagerungsbedingten Deformitäten weit über 0,5. Dies spricht für eine sehr starke Effektivität der Helmtherapie. Die Nullhypothese konnte somit auch eindeutig widerlegt werden.

Deshalb gehört die Helmtherapie zu den sehr effektiven Behandlungsansätzen und sollte, wenn es die Voraussetzungen zulasse, zur Anwendung kommen. Auch sollte darüber nachgedacht werden, die Kopforthesen in Kombination mit anderen konservativen Therapien anzuwenden. Denn dadurch kann es zu noch schnelleren und besseren Ergebnissen kommen.

Die Behandlungen mit Kopforthesen verlaufen im Normalfall komplikationslos. Eins der Hauptprobleme stellen die sogenannten Druckstellen und Schürfungen dar. Hier kommt es zu einer stark andauernden Kompression auf den Kopf, was in weitere Folge zu Wundflächen führen kann. Die Hautirritationen und Druckstellen lassen sich jedoch Großteils sehr gut kontrollieren und stellen somit selten einen Abbruchgrund dar. (54)

Insgesamt lässt sich sagen, dass laut nach *Willebrand* nur bei 25,4% zu Druckstellen oder Hautirritationen kommt. (55)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Kopforthesen sehr effektive Behandlungsmethoden bei lagerungsbedingten Schädeldeformitäten darstellen.

Die größte Verbesserung stellt sich jedoch nur bei richtiger Anwendung ein. Zusätzlich sollte eine Kombination mit anderen konservativen Therapien, wie Physiotherapie, zur Anwendung kommen um ein bestmögliches Ergebnis zu erzielen.

5 Literaturverzeichnis

1. Van Wijk et al. Helmtherapie in der Diskussion. pädiatrie Kinder- und Jugendmedizin hautnah. 2014;26(4):240–1.
2. Linz C, Kunz F, Böhm H, Schweitzer T. Positional skull deformities-etiology, prevention, diagnosis, and treatment. Dtsch Arztebl Int. 2017;114(31–32):535–42.
3. Blecher C, Kunz C, Mayr J, Schwenzer-Zimmerer K. Helmtherapie: konservative KopfmodellierungHelmet therapy: conservative cranial orthotics. Der MKG-Chirurg. 2012 Nov 1;5(4):289–96. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12285-012-0306-y>
4. Pelligra R, Doman G, Leisman G. A reassessment of the SIDS Back to Sleep Campaign. ScientificWorldJournal. 2005;5:550–7.
5. Israel S. Positioning and SIDS. Pediatrics. 1992;89(6):1120–6.
6. American Academy of Pediatrics. Positioning and sudden infant death syndrome (SIDS): update. American Academy of Pediatrics Task Force on Infant Positioning and SIDS. Pediatrics. 1996 Dec;98(6 Pt 1):1216–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8951285>
7. Argenta LC, David LR, Wilson JA, Bell WO. An Increase in Infant Cranial Deformity with Supine Sleeping Position. J Craniofac Surg. 1996 Jan;7(1):5–11. Available from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00001665-199601000-00005>
8. Graham JM. Tummy time is important. Clin Pediatr (Phila). 2006;45(2):119–21.
9. Dörhage K. Ursache und Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie. Eine Übersichtsarbeit. Man Medizin. 2010;48(2):125–34.
10. Hutchison BL, Hutchison LAD, Thompson JMD, Mitchell EA. Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life: A prospective cohort study. Pediatrics. 2004;114(4):970–80.
11. Tabin R. Plagiocephalus : Prävention und Therapie. 2002;13(4):24–7.
12. Kelly KM, Joganic EF, Beals SP, Riggs JA, McGuire MK, Littlefield TR. Helmet Treatment of Infants With Deformational Brachycephaly. Glob Pediatr Heal. 2018;5:2333794X1880561.
13. Loveday BPT, de Chalain TB. Active Counterpositioning or Orthotic Device to Treat Positional Plagiocephaly? J Craniofac Surg. 2001 Jul;12(4):308–13. Available

- from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00001665-200107000-00003>
14. Hinken L, Willenborg H, Dávila LA, Daentzer D. Outcome analysis of molding helmet therapy using a classification for differentiation between plagiocephaly, brachycephaly and combination of both. *J Cranio-Maxillofacial Surg.* 2019;47(5):720–5.
 15. Miller RI, Clarren SK. Long-term developmental outcomes in patients with deformational plagiocephaly. *Pediatrics.* 2000;105(2).
 16. Argenta L. Clinical Classification of Positional Plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2004 May;15(3):368–72. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00001665-200405000-00004>
 17. Knörr K, Knörr-Gärtner H, Beller FK, Lauritzen C. Die physiologisch-anatomischen Grundlagen der Geburt. In 1989. p. 199–218. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-95583-9_15
 18. Hutchison BL, Thompson JMD, Mitchell EA. Determinants of nonsynostotic plagiocephaly: a case-control study. *Pediatrics.* 2003;112(4).
 19. Stoevesandt K, Ma H, Beyer U, Zhang H, Jorch G. Positional plagiocephaly in infants: Epidemiology, pathophysiology, prevention, diagnostics, treatment options. *Monatsschr Kinderheilkd.* 2018;166(8):675–82.
 20. Rosenbaum T., Borusiak P., Schweitzer T., Berweck S., Sprinz A., Straßburg H. KJ. Dynamische Kopforthese. *Dtsch Gesellschaft für Sozialpädiatrie und Jugendmedizin eV.* 2012;5(28 (3)):1–11.
 21. Kane AA, Mitchell LE, Craven KP, Marsh JL. Observations on a recent increase in plagiocephaly without synostosis. *Pediatrics.* 1996;97(6 I):877–85.
 22. Hutchison BL. Plagiocephaly and Brachycephaly in the First Two Years of Life: A Prospective Cohort Study. *Pediatrics.* 2004 Oct 1;114(4):970–80. Available from: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2003-0668-F>
 23. Steinbok P, Lam D, Singh S, Mortenson PA, Singhal A. Long-term outcome of infants with positional occipital plagiocephaly. *Child’s Nerv Syst.* 2007;23(11):1275–83.
 24. Naidoo SD, Skolnick GB, Patel KB, Woo AS, Cheng AL. Long-term outcomes in treatment of deformational plagiocephaly and brachycephaly using helmet therapy and repositioning: a longitudinal cohort study. *Child’s Nerv Syst.* 2015;31(9):1547–52.

25. 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.
26. 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 Dec 22;20(9):2395–401. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00784-016-1716-4>
27. Meyer-Marcotty P, Böhm H, Linz C, Kochel J, Stellzig-Eisenhauer A, Schweitzer T. Three-dimensional analysis of cranial growth from 6 to 12 months of age. *Eur J Orthod.* 2014;36(5):489–96.
28. Metzler P, Gnoinski W, Obwegeser J. Neurokranium, Viszerokranium und LKG-Spalten. In: *Plastische Chirurgie bei Kindern und Jugendlichen.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017. p. 373–412. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-51391-0_30
29. Biggs WS. Diagnosis and management of positional head deformity. *Am Fam Physician.* 2003;67(9):1953–6.
30. Junker RN. Nonsyndromale Kraniosynostose : Einfluß des Operationszeitpunktes auf die Entwicklung. 2002;78.
31. Freudlsperger C, Hoffmann J, Engel M. Diagnostik und Therapie isolierter Kraniosynostosen. *Kinder- und Jugendmedizin.* 2015;15(02):102–9.
32. Bartholomeusz HH, Courchesne E, Karns CM. Relationship Between Head Circumference and Brain Volume in Healthy Normal Toddlers, Children, and Adults. *Neuropediatrics.* 2002 Oct;33(5):239–41. Available from: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2002-36735>
33. Ebrahim GJ. WHO child growth standards: head circumference-for-age, arm circumference-for-age, triceps skin fold-for-age and sub scapular skin fold-for-age. Vol. 54, *Journal of Tropical Pediatrics.* 2007. 214–215 p.
34. Schienkiewitz A, Schaffrath Rosario A, Dortschy R, Ellert U, Neuhauser H. German head circumference references for infants, children and adolescents in comparison with currently used national and international references. *Acta Paediatr.* 2011 Jul;100(7):e28–33. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1651-2227.2011.02173.x>
35. Vernet O, de Ribaupierre S, Cavin B, Rilliet B. Traitement des plagiocéphalies

- postérieures d'origine positionnelle. *Arch Pédiatrie*. 2008 Dec;15(12):1829–33.
Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929693X08004235>
36. Robinson S, Proctor M. Diagnosis and management of deformational plagiocephaly. *J Neurosurg Pediatr*. 2009 Apr;3(4):284–95. Available from:
<https://thejns.org/view/journals/j-neurosurg-pediatr/3/4/article-p284.xml>
37. Schreen G, Matarazzo CG. Tratamento de plagiocefalia e braquicefalia posicionais com órtese craniana: estudo de caso. *Einstein (São Paulo)*. 2013 Mar;11(1):114–8.
Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-45082013000100021&lng=pt&tlng=pt
38. 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 Jul;15(4):643–50. Available from:
<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00001665-200407000-00022>
39. Bialocerkowski AE, Vladusic SL, Howell SM. Conservative interventions for positional plagiocephaly: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*. 2005 Jul 14;47(8):563–70. Available from:
http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0012162205001118
40. Kluba S, Kraut W, Calgeer B, Reinert S, Krimmel M. Treatment of positional plagiocephaly – Helmet or no helmet? *J Cranio-Maxillofacial Surg*. 2014 Jul;42(5):683–8. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1010518213002710>
41. Wilbrand J-F, Seidl M, Wilbrand M, Streckbein P, Böttger S, Pons-Kuehnemann J, et al. A Prospective Randomized Trial on Preventative Methods for Positional Head Deformity: Physiotherapy versus a Positioning Pillow. *J Pediatr*. 2013 Jun;162(6):1216-1221.e1. Available from:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347612014102>
42. Rogers GF. Deformational Plagiocephaly, Brachycephaly, and Scaphocephaly. Part II. *J Craniofac Surg*. 2011 Jan;22(1):17–23. Available from:
<https://insights.ovid.com/crossref?an=00001665-201101000-00005>
43. Kaplan SL, Coulter C, Fetters L. Physical Therapy Management of Congenital Muscular Torticollis. *Pediatr Phys Ther*. 2013;25(4):348–94. Available from:
<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00001577-201325040-00002>

44. Jung MW, Landenberger M, Jung T, Lindenthal T, Philippi H. Vojta therapy and neurodevelopmental treatment in children with infantile postural asymmetry: a randomised controlled trial. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(2):301–6. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/29/2/29_jpts-2016-714/_article
45. 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 Mar;135(3):833–42. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00006534-201503000-00037>
46. Klein P, Lepers Y, Salem W. [Osteopathic medicine]. *Rev Med Brux.* 2011 Sep;32(4):369–74. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22034767>
47. Sergueef N, Nelson KE, Glonek T. Palpatory diagnosis of plagiocephaly. *Complement Ther Clin Pract.* 2006 May;12(2):101–10. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1744388105001209>
48. Clarren SK, Smith DW, Hanson JW. Helmet treatment for plagiocephaly and congenital muscular torticollis. *J Pediatr.* 1979 Jan;94(1):43–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347679803479>
49. Blecher J-C, Howaldt H-P. Behandlung nichtsynostotischer, kindlicher Schädeldeformitäten mit dynamischen Kopforthesen. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.* 1998;2(1):81–5.
50. Vles JSH, Colla C, Weber JW, Beuls E, Wilmink J, Kingma H. Helmet Versus Nonhelmet Treatment in Nonsynostotic Positional Posterior Plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2000 Nov;11(6):572–4. Available from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00001665-200011060-00010>
51. 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-Craniofacial J.* 2008 May;45(3):240–5. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1597/06-210.1>
52. Govaert B, Michels A, Colla C, Hulst R van der. Molding Therapy of Positional Plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2008 Jan;19(1):56–8. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00001665-200801000-00009>
53. Dörhage K. Klinische Bedeutung, Prophylaxe und Therapie der lagebedingte

- Plagiozephalie. *Man Medizin*. 2010;48(2):135–40.
54. Yacoub A, Von Salis-Soglio G, Heyde CE. Korrektur der ausgeprägten Plagiozephalie mittels Orthese: Ergebnisse einer prospektiven Verlaufskontrolle. *Orthopade*. 2013;42(11):928–33.
55. Wilbrand J-F, Wilbrand M, Malik CY, Howaldt H-P, Streckbein P, Schaaf H, et al. Complications in helmet therapy. *J Cranio-Maxillofacial Surg*. 2012 Jun;40(4):341–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S101051821100120X>
56. Children’s Healthcare of Atlanta. Plagiocephaly Severity Scale. 2015;3–4.