

Aus der Kinderchirurgischen Klinik und Poliklinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. med. Dietrich von Schweinitz

---

**Prospektive Analyse der Therapieeffektivität beim  
lagerungsbedingten Plagiocephalus mit  
Erstellung eines neuen Therapiekonzeptes**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Yannick Macé

aus

Deggendorf

2019

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Hans-Georg Dietz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Andreas Holzinger

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Markus Lehner

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 05.12.2019

meiner Familie

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Definition.....	1
1.2	Das klinische Bild.....	2
1.3	Einteilung.....	3
1.4	Ursachen.....	4
1.5	Risikofaktoren.....	4
1.6	Diagnostik.....	5
1.7	Prävention.....	7
1.8	Therapiemöglichkeiten.....	8
1.9	Aktuelles Therapieschema.....	11
1.10	Folgen einer ausbleibenden Therapie.....	11
1.11	Ziele der Arbeit.....	13
2	Methodik.....	14
2.1	Patienten.....	14
2.2	Anamnesebogen.....	15
2.3	Parameter.....	18
2.4	Statistik.....	22
3	Ergebnisse.....	24
3.1	Übersicht.....	24
3.2	Vergleich der Erstuntersuchungen (U1).....	24
3.3	Vergleich der Erstvorstellungen.....	25
3.4	Einflussfaktoren auf die DD-Änderung und die KU-Zunahme in der Referenzgruppe.....	26
3.5	Einfluss der großen Fontanelle auf die Kopfasymmetrie.....	28
3.6	Kopfveränderungen in Abhängigkeit von der Therapiewahl bei kleiner Fontanelle.....	31
3.7	Unterschiede vor und während der Therapie mittels Kraniorthese.....	33
3.8	Unterschiede in der Therapie-Effektivität mit und ohne Kraniorthese.....	33
3.9	Neues Therapiekonzept.....	35
4	Diskussion.....	37
4.1	Analyse zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung (U1).....	37
4.2	Analyse zum Zeitpunkt der Erstvorstellung.....	38
4.3	Einflussfaktoren auf die Diagonalendifferenzänderung und die Kopfumfangszunahme in der Referenzgruppe.....	40
4.4	Einfluss der großen Fontanelle auf die Kopfasymmetrie.....	42
4.5	Unterschiede zwischen den Kohorten.....	43
4.6	Kopfveränderungen in Abhängigkeit von der Therapiewahl bei Kleiner Fontanelle.....	45
4.7	Unterschiede vor und während der Helmtherapie.....	46
4.8	Unterschiede in der Therapie-Effektivität mit und ohne Kraniorthese.....	47
4.9	Neues Therapiekonzept.....	48
4.10	Schwächen der Arbeit.....	49
4.11	Ausblick.....	50
5	Zusammenfassung.....	51
6	Literaturverzeichnis.....	57
7	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	62
8	Anhang.....	64
9	Danksagung.....	67
10	Eidesstattliche Versicherung.....	68

---

# 1 Einleitung

Plagiocephalus, als in der Kinderarztpraxis häufige Diagnose im Säuglingsalter, stellt die betroffenen Familien und die behandelnden Ärzte immer wieder vor Probleme, weil es bisher noch keine einheitlichen Therapierichtlinien gibt. In dieser Arbeit wird einleitend die aktuelle Studienlage zusammengefasst. Der Hauptteil erarbeitet Kriterien, um die Therapieentscheidung zu erleichtern.

Aus dem entstandenen Datensatz soll ein Therapiekonzept erarbeitet werden, welches sich im Wesentlichen an gemessenen Verlaufswerten, sowie der Fontanellengröße orientiert. Durch dieses Therapiekonzept möchten wir eine Empfehlung aussprechen, um einen optimalen Einsatz der Ressourcen (Lagerung, Physiotherapie und Kopforthese) im Rahmen der Therapie des lagerungsbedingten Plagiocephalus zu gewährleisten.

---

## 1.1 Definition

Das Wort Plagiocephalus (aus dem Griechischen plagios = schräg, quer und kephalê = Kopf) bedeutet so viel wie „Schiefkopf“ (1). Man unterscheidet dabei zwei Formen, die aber die gleiche Namensgebung aufweisen und ähnlichen Erscheinungsbildern zugrunde liegen. Der Unterschied lässt sich in ihren Ätiologien und therapeutischen Maßnahmen finden (2). Man differenziert in eine primäre und sekundäre Genese. Bei der primären Entstehung liegt die Ursache in einer sich zu früh verknöchernden Schädelnaht (Sutura), welche auch als prämatüre Kraniosynostose bezeichnet wird (2, 3). Die sekundäre Variante, auch lagerungsbedingter Plagiocephalus genannt, hat ihre bezeichnende Kopfform durch mechanische Kräfte, die prä- oder postnatal auf die verformbaren und noch wachsenden Schädelknochen wirken. Dabei handelt es sich um eine nicht-synostotische Form (4, 5).

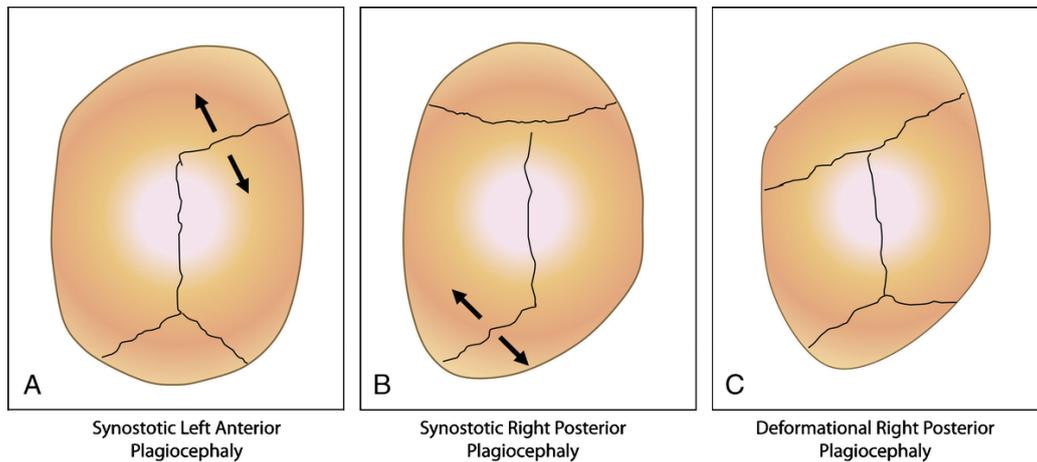


Abb. 1: Schematische Darstellung verschiedener Erscheinungsbilder des Plagiocephalus  
 Quelle: Levi, B., et al., *Deformational plagiocephaly: a look into the future.*  
 J Craniofac Surg, 2011. 22(1): p. 3-5.

In der Abbildung 1 sind die drei häufigsten Varianten zu sehen. Die Oberseite des Bildes entspricht dabei der Stirnseite, die Linien stellen die Suturen dar und die Pfeile deuten die Richtung des kompensatorischen Wachstumes an. Das Schema A zeigt die Veränderungen bei einer vorzeitig verschlossenen Koronarnaht, Schema B die Verformung bei einer vorzeitig verschlossenen Lambdanaht und Schema C das Bild bei einem lagerungsbedingten Plagiocephalus [Abbildung 1]. Diese Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit den sekundären, lagerungsbedingten Deformitäten im Säuglingsalter.

---

## 1.2 Das klinische Bild

Die typische Kopfform des einseitig betonten, lagerungsbedingten Plagiocephalus ist eine parallelogrammförmige Verschiebung mit occipitaler, unilateraler Abflachung (sog. „flattening“), ipsilateraler Vorwärtsverlagerung des Ohres (sog. „ear-shift“-Phänomen) und einer ipsilateralen, frontalen Prominenz (sog. „frontal bossing“). Der Grund dafür ist die Verschiebung der Schädelknochen entlang des Kraftvektors, der auf das Köpfchen wirkt. Es handelt sich nicht um eine prämatüre Nahtsynostose (4). Dies zeigt sich am besten mit dem Blick auf den Vertex des kindlichen Kopfes und wird rein optisch über die Argenta-Klassifikation in fünf Schweregrade eingeteilt [Abbildung 2].

## Occipital Plagiocephaly

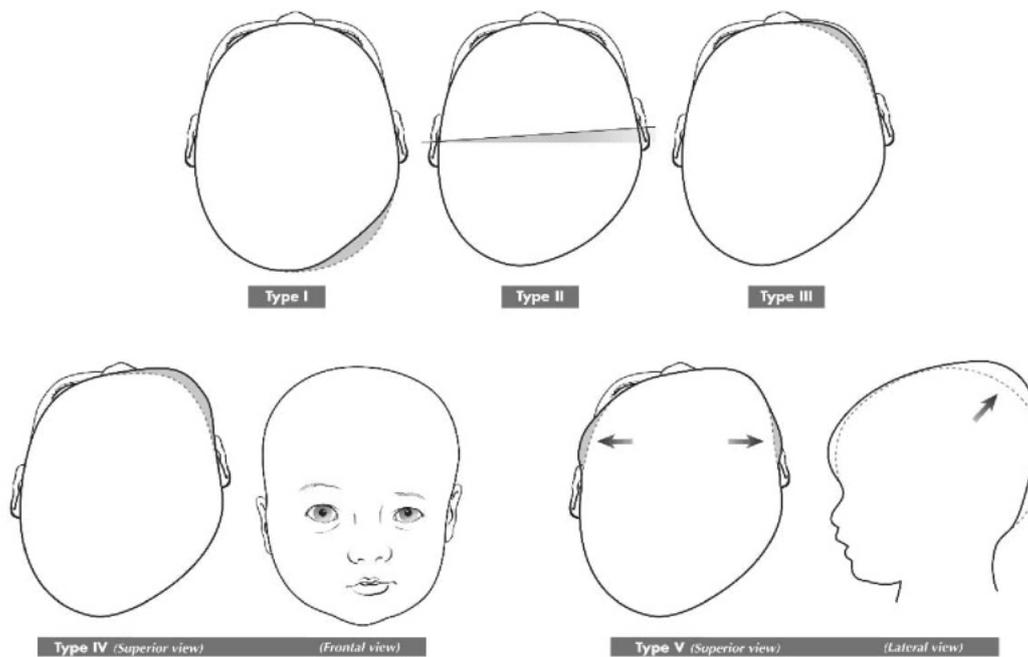


Abb. 2: Argenta-Klassifikation Typ I – V beim lagerungsbedingten Plagiocephalus  
Quelle: Argenta, L., L. David, and J. Thompson, *Clinical classification of positional plagiocephaly*. J Craniofac Surg, 2004. **15**(3): p. 368-72.

Hierbei wird das Kind aus vier Positionen begutachtet. Von frontal lässt sich vor allem das Gesicht mit Stirn, Position der Ohren und Hals beurteilen. Von oben betrachtet, aus der Vogelperspektive, sieht man den Kopfumfang und die Abflachungen des Kopfes. Der Blick von hinten zeigt mögliche Verbreiterungen und Asymmetrien in diesem Bereich. Die Betrachtung von der Seite gibt Aufschluss über die Form der Stirn und des Hinterhauptes.

---

### 1.3 Einteilung

Typ I der Argenta-Klassifikation weist nur die einseitige occipitale Abflachung („posterior flattening“) auf. Ab Typ II kommt es zusätzlich zu einer Asymmetrie in der Schädelbasis und damit zur Verschiebung des ipsilateralen Ohres nach vorne und/oder unten. Eine Verschiebung der Stirnregion mit einem ipsilateralen „frontal bossing“ beobachtet man ab Typ III. Bei Typ IV kommt es zusätzlich noch zu einer Gesichtsasymmetrie (sog. „Gesichtsskoliose“). Diese entsteht aus einer ipsilateralen vorwärts gerichteten Ver-

schiebung des Gesichtsknochens. Kinder mit Typ V Plagiocephalus zeigen ein abnormales temporales oder vertikales Kopfwachstum, um der Volumenzunahme des Gehirns den nötigen Platz zu geben. Diese Grade sind für die Therapieentscheidung und Therapiekontrolle sinnvoll und hilfreich (3, 6, 7).

---

#### 1.4 Ursachen

In der Literatur wird der lagerungsbedingte Plagiocephalus als häufigste Schädelasymmetrie im ersten Lebensjahr beschrieben und in Zusammenhang mit der „Back to Sleep“-Kampagne der American Academy of Pediatrics (AAP) gebracht (8). 1992 forderte die AAP, dass Neugeborene zur Vermeidung des plötzlichen Kindstodes (Sudden Infant Death Syndrom – SIDS) zum Schlafen konsequent auf dem Rücken gelagert werden sollten (9). Man kam diesen Empfehlungen nach, so dass ab diesem Zeitpunkt immer weniger Kinder in Bauchlage schliefen. Waren es vorher noch 70%, verringerte sich der prozentuale Anteil der „Bauchschläfer“ bis 1996 auf 24% (10). Wie bereits von der AAP postuliert, wurde erfreulicherweise eine deutliche Reduktion der Inzidenz des plötzlichen Kindstodes nach dem Jahr 1992 beobachtet. Davor waren noch circa 0,26% aller Lebendgeburten und danach lediglich 0,1% betroffen (11). Allerdings stieg dabei die Anzahl von Säuglingen mit lagerungsbedingter Plagiocephalie dramatisch an. Während sie davor noch bei 0,3% lag (12), erreicht sie heute mit den neuen Lagerungshinweisen je nach Literatur einen Wert zwischen 3 und 48% (13-15). Dieses Phänomen wurde aber nicht bei anderen Schädelasymmetrien dokumentiert (8).

---

#### 1.5 Risikofaktoren

Nicht-synostotische Kopfdeformitäten werden durch verschiedene Einflüsse in ihrer Entstehung begünstigt. Man unterscheidet biologische und ökologische Faktoren, die im Verlauf der Schwangerschaft oder in den ersten Lebensmonaten auf das Kind einwirken (16). Van Vlimmeren und Kollegen (2007) untersuchten aus diesem Grund 380 Kinder bei der Geburt und sieben Wochen postnatal. Dabei stellten sie fest, dass eine Abfla-

chung bei der Geburt kein Prädiktor für eine Deformität nach sieben Wochen ist. Die leichte Asymmetrie nach der Geburt stellt jedoch einen Risikofaktor dar, insbesondere, wenn dies keine Beachtung findet (17). Kinder mit einer Abflachung am Hinterkopf werden es wegen des höheren Komforts bevorzugen den Kopf in Rückenlage auf die flache Stelle zu drehen. Die problematische Wendung des Kopfes, über die „Kanten“ der Abflachung, gilt als Verstärker der monotonen Kopfhaltung im Liegen oder in Rückenlage (18). Der klassische lagerungsbedingte Plagiocephalus entsteht in den ersten Wochen nach Geburt bei einer anfänglich symmetrischen Kopfform (13). Dies wird durch andere Autoren bestätigt, die einen Prävalenzgipfel in den ersten sechs Lebensmonaten beschreiben (10, 19, 20). Prädisponierende Risikofaktoren für die Entstehung einer postpartalen, lagerungsbedingten Schädelasymmetrie sind unter anderem das männliche Geschlecht, Frühgeburtlichkeit, intrauterine Enge (z.B. bei Mehrlingsgeburten), abnormale Geburtspositionen (z.B. Beckenendlage oder Querlage), verlängerte Wehentätigkeit, sowie Geburtstraumata (z.B. bei Zangengeburt). Weitere Faktoren stellen Erstgebärende, verkürzte Zeit in Bauchlage unter Aufsicht (sog. „tummy time“), myoneuronale Dysfunktionen mit entsprechender Bewegungseinschränkung (z.B. Torticollis), eine konsequente Rückenlage (z.B. als SIDS-Prophylaxe), ausschließliche Flaschenfütterung und eine ständige einseitige Lagerungs-, Schlaf- und Fütterungshaltung dar (8, 13, 17, 21, 22). Jegliche Imbalance der Nackenmuskulatur und Zwangshaltungen, die eine uneingeschränkte Rotation des Kopfes verhindern, können zu einer Verformung des Kopfes beim Säugling führen (23). Es wird eine Korrelation zwischen der Richtung der Vorzugshaltung und der Seite der Abflachung des Hinterkopfes gesehen (24).

---

## 1.6 Diagnostik

Eine Vielzahl diagnostischer Kriterien erlaubt die genaue und zuverlässige Abgrenzung der Klinik einer lagerungsbedingten Ätiologie zu einem vorzeitigen Schädelnahtverschluss. Die Diagnosestellung erfolgt klinisch und kann auch von niedergelassenen Kinderärzten in der Grundversorgung gestellt werden (25). Auf Grund der ähnlichen klinischen Präsentation von Nahtsynostosen und der nicht einfachen Differenzierung der Krankheitsbilder, sollte eine rechtzeitige Überweisung zum Spezialisten erfolgen. Dies kann zum Beispiel die Kraniospinale Kinderchirurgie, aber auch ein multidisziplinäres

Team aus den Bereichen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Neurochirurgie, Pädiatrie, Kinderneurologie, Kieferorthopädie, Augenheilkunde und Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde sein (3, 26). Eine Evaluation durch Spezialisten vor dem dritten Lebensmonat ist nicht zwingend notwendig, da es in der Regel zu einer spontanen Verbesserung der Asymmetrie kommt, wenn entsprechende Gegenmaßnahmen der Prävention eingeleitet wurden. Wird allerdings eine Nahtsynostose vermutet oder kommt es zu einer raschen Verschlechterung, sollte ein dafür qualifiziertes Zentrum so früh wie möglich hinzugezogen werden (2). Die visuelle Analyse des Kopfes erfolgt zur Diagnosestellung und Gradeinteilung von allen Seiten (24). Zur standardmäßigen Messung des Kopfumfangs kommt die Erhebung des Längen- und Breitendurchmessers, sowie der beiden transkranialen Diagonalen mit ihrer Differenz hinzu. Somit kann man eine Deformität diagnostizieren, klassifizieren und im Verlauf kontrollieren (27). Die Größen können mit einem Kephalometer und einem Maßband oder verschiedenen 3D Messtechniken erhoben werden. 3D-Techniken, wie Laserscanner oder Stereo-Kamera-Systeme, können dabei teilweise genauere und detailliertere Informationen liefern (28, 29). Die Plagiocephalometrie mittels Kraniometer [Abbildung 3 und 4] ist ebenfalls eine nicht invasive und zuverlässige Messtechnik mit einer guten klinischen Genauigkeit. Im Gegensatz zu vielen anderen Maßnahmen ist sie sehr kostengünstig und einfach praktikabel (30).



Abb. 3: Kraniometer geschlossen



Abb. 4: Kraniometer geöffnet

Quelle: Pogliani, L., et al., *Positional plagiocephaly: what the pediatrician needs to know. A review.* Childs Nerv Syst, 2011. 27(11): p. 1867- 76.

Die Einteilung des Schweregrades erfolgt im Anschluss über die „Argenta-Klassifikation“ und die Messergebnisse. Hierfür kann die Differenz der beiden transkranialen Diagonalen (Diagonalendifferenz – DD) verwendet werden, welche als Goldstandard für die Quantifizierung des Asymmetriegrades gesehen wird (31). Als alternativer Symmetrie-

parameter wird auch der CVAI („Cranial Vault Asymmetrie Index“) verwendet. Dieser berechnet sich aus dem Quotienten der transkraniellen Diagonalendifferenz und der kleineren Diagonale multipliziert mit 100. Ein Ergebnis von 0% spiegelt eine absolute Symmetrie wieder, wohingegen Werte größer als 3,5% für eine sichtbare Asymmetrie sprechen (32). Eine radiologische Diagnostik, mittels Röntgen oder cCT, sollte erst bei einer ausbleibenden Verbesserung in den ersten Wochen oder bei einer Verschlechterung der Asymmetrie des Kopfes erwogen werden (33).

---

## 1.7 Prävention

Die größte Bedeutung kommt der Prävention der lagerungsbedingten Asymmetrie zu. Hierzu benötigen vor allem die Eltern eine ausführliche Aufklärung durch das Geburtskrankenhaus und den niedergelassenen Pädiater über das Krankheitsbild. Empfehlungen für den Alltag sind unumgänglich. Diese müssen Informationen zur Schlafposition, zum Hochnehmen, zum Hinlegen, zum Tragen, zum Spielen, zur Nahrungsaufnahme und zur kontrollierten Bauchlage beinhalten. Daher müssen auch unbedingt die Kinderärzte bezüglich dieser Thematik sensibilisiert sein (34). Für das Schlafen wird weiterhin die konsequente Rückenlage nahegelegt, jedoch ist eine alternierende Rechts- und Linksrotation des Köpfchens zur Vermeidung einer Vorzugshaltung zu berücksichtigen. Es ist empfehlenswert, dass Lichtreize, Geräusche und die Interaktionen mit dem Kind von wechselnden Seiten erfolgen (14). Mehrfache Wechsel in die Bauchlage im wachen Zustand pro Tag bringen nicht nur Entlastung für den Hinterkopf. Vielmehr wird zusätzlich die Schultergürtelmuskulatur gestärkt. Diese wiederum gewährleistet eine ausreichende Mobilität des Kindes und reduziert zusätzlich das Risiko für die Entstehung eines Plagiocephalus (24). Die Eltern sollten darauf achten, ihre Kinder nicht länger als nötig in Autositze, Schaukeln oder ähnliches zu legen (35). Prinzipiell ist es wichtig, eine fixierte Kopfposition frühzeitig zu erkennen (34). Es wurde nachgewiesen, dass diese simplen Maßnahmen einen signifikanten Einfluss auf die Prophylaxe der Schiefköpfigkeit haben (36). Je früher diese Gewohnheiten etabliert werden, desto weniger wahrscheinlich ist es, dass der Säugling eine Vorzugshaltung entwickeln wird (33).

---

## 1.8 Therapiemöglichkeiten

Nach der Diagnose einer sekundären Kopfdeformität gibt es einige Möglichkeiten, diese zu behandeln. Bei sehr milden Ausprägungen kann in wenigen Fällen eine abwartende und kontrollierende Haltung („watch and wait“) ausreichend sein. Für alle anderen Patienten kommen aktive Lagerungsmaßnahmen, Physiotherapie oder eine dynamische Kopforthese in Frage. Wobei die meisten Ansätze aus Kombinationen der einzelnen Elemente bestehen (37). Chirurgische Maßnahmen werden hier als unnötig deklariert (1, 38, 39). Die Hauptsäule der Behandlung ist die frühzeitige Erkennung und die darauf folgenden Verhaltensänderungen (33). Grundsätzlich besteht der Konsens, dass in allen Schweregraden eine nicht operative Therapie ausreichend ist. Dies sieht man an der deutlich reduzierten Inzidenz im zweiten Lebensjahr nach einem deutlichen Peak im vierten Lebensmonat. Ausschlaggebend dafür ist die zunehmende Wendigkeit und Beweglichkeit der kleinen Patienten. Dadurch kommt es bei einem Großteil der Fälle zu einer spontanen Verbesserung (13). Die am wenigsten invasive Variante ist die Lagerung. Hierbei wird das Kind so gebettet, dass der Druck auf der abgeflachten Stelle am Hinterkopf minimiert wird und die runde Seite auf der Unterlage zu liegen kommt (14). Für diese Therapieoption ist aber eine absolute und konsequente Compliance der Eltern von Nöten (40).

Das Lagerungskissen ist eine Alternative, welche den Eltern die aktive Lagerung erleichtern kann. Der Säugling liegt in Rückenlage mit dem Kopf auf einem Kissen, welches eine zentrale Mulde aufweist. Dadurch werden die Kräfte, die direkt auf die platte Stelle wirken, verringert. Wird das Kissen über mehrere Wochen vom Kind akzeptiert ist der Effekt zwischen dem sechsten und achten Lebensmonat am stärksten. Es wurde aber nur bei Säuglingen ohne Entwicklungsretardierung getestet. Somit kann es als eine praktische, günstige und sichere Methode nur für diese Patientengruppe empfohlen werden (41).

Ebenso wurde gezeigt, dass Physiotherapie eine signifikante Verbesserung der Asymmetrie bewirkt. Das pädiatrische, physiotherapeutische Training mit Übungen, die von den Eltern zuhause weitergeführt werden müssen, sollte möglichst konsequent durchgeführt werden (42). Die Verschreibung ist vor invasiveren Schritten und besonders bei Rotationsdefiziten in der HWS empfehlenswert (43). Nackenübungen sind vor allem bei einem nebenbefundlich diagnostizierten muskulären Schiefhals notwendig (44, 45). Für die Wiederholungen der Übungen wird eine Dauer von insgesamt circa zwei Minuten

geschätzt und wird für jedes Windelwechseln empfohlen (14). Diese Schritte sind vor allem für Säuglinge, die jünger als vier Monate sind und/oder lediglich eine mild bis moderat ausgeprägte Asymmetrie aufweisen, geeignet (46).

Die Helmtherapie mit einer dynamischen Koporthese stellt den letzten Baustein der vielen Optionen dar. Falls vorgenommene Umlagerungsversuche und physiotherapeutische Maßnahmen keine deutliche Verbesserung der Kopfform bis zum sechsten Lebensmonat erbracht haben, ist die Koporthesentherapie bei ausgeprägten Deformitäten eine mögliche Behandlungsoption (33, 35, 47-49).



Abb. 5: Dynamische Kraniorthesen der Firma Streifeneder

1979 publizierten Clarren et al. zum ersten Mal Daten über eine Helmtherapie (50). Diese stellt die letzte Stufe der Möglichkeiten zur Behandlung eines lagerungsbedingten Plagiocephalus dar. Die dynamische Kraniorthese [Abbildung 5] übt einen milden Druck auf die prominenten Stellen des Schädels auf, um in diesen Arealen das Wachstum einzuschränken. An den abgeflachten Arealen, die in präformierten Hohlräumen des Helmes liegen, wird wiederum eine Zunahme gefördert (51). Dieses Eingreifen hat einen positiven Einfluss auf die Verbesserung eines lagerungsbedingten Plagiocephalus von Geburt bis zum achtzehnten Lebensmonat. Anhand der Argenta-Klassifikation lässt sich die Reduktion des Schweregrades objektivieren (52). Allerdings kann die Verschiebung der Schädelbasis mit der dazugehörigen Abweichung der Ohr- und Gesichtachsen nicht ausgeglichen werden (53, 54). Da das Schädelwachstum im ersten Lebensjahr 85% beträgt und im zweiten signifikant langsamer verläuft, wird diese Therapieoption nach

dem ersten Geburtstag als weniger erfolgreich angesehen (25, 46). Dennoch werden auch noch bis zum achtzehnten Lebensmonat Erfolge mittels Kraniorthesen erzielt. Jedoch wird für identische Ergebnisse deutlich mehr Zeit benötigt (55). Prinzipiell wird ein früher Beginn empfohlen, da gilt: Je jünger der Patient ist, desto kürzer ist die voraussichtliche Behandlungsdauer (54, 56). Der optimale Startpunkt der Therapie wird kurz vor dem sechsten Lebensmonat gesehen (57, 58). Bei frühzeitigem Beginn sind Fortschritte bereits nach den ersten Wochen zu sehen und die stärkste Korrektur tritt nach drei Monaten auf (59). Diverse Studien verschiedener Autoren berichteten in der Vergangenheit bis heute von einer signifikanten Reduktion der Schädelasymmetrie mit zufriedenstellenden Ergebnissen durch die Koporthesentherapie. Es wird beschrieben, dass diese Form des Eingreifens schnellere Erfolge als alle anderen Methoden erzielt. Dies gilt vor allem für schwere Deformitäten (40, 54, 56, 58, 60-66).

Die Tragezeit der Koporthese sollte >20 Stunden pro Tag, bei durchschnittlich zwei bis sechsmonatiger Therapiedauer, betragen (61, 67). Als Komplikationen werden Druckstellen, mangelnde Passform, Helmverlust, Hautinfektionen, fehlender Erfolg und subkutane Abszesse aufgelistet, welche aber nur in Einzelfällen auftreten. Auch wurden lokale Erytheme, bedingt durch das zur Reinigung verwendete Ethanol, dokumentiert. Die Mehrzahl der genannten Punkte kann durch ausreichende Aufklärung der Eltern vermieden oder einfach behandelt werden (68). Die Anwendung in diesen Rahmenbedingungen zeigt sich als sicheres Element zur Korrektur einer nicht-synostotischen Schädeldeformität im Säuglingsalter (57, 68). Nachteilig sind aber sicherlich die hohen Kosten (1500 - 1600 €) und die Tatsache, dass die Kostenübernahme der Krankenkassen in Deutschland bisher zumeist Einzelfallentscheidungen sind. Die Evidenz der internationalen Studienlage bezüglich der Behandlung von Patienten mit lagerungsbedingtem Plagiocephalus ist noch nicht ausreichend, um geeignete Leitlinien zu entwickeln (25).

---

## 1.9 Aktuelles Therapieschema

Dörhage und Kollegen präsentierten dennoch 2010 ein zusammenfassendes Therapiekonzept. Bis einschließlich zum vierten Lebensmonat werden Lagerungstechniken, Reizanbietungen von der Gegenseite der Hinterkopf-Abflachung, kontrollierte Bauchlage und indikationsbezogene Physiotherapie empfohlen.

Ab dem fünften Lebensmonat gibt es zwei potentielle Wege für die Therapie. Bei deutlicher Besserung der Asymmetrie wird die bisherige Strategie bis zu einem zufriedenstellenden Ergebnis fortgeführt. Beim Ausbleiben der Erfolge nach zweimonatiger Therapie mit den oben genannten Punkten, sollte zusätzlich eine Helmtherapie in Erwägung gezogen werden (34). Die wichtigste Maßnahme ist und bleibt die frühe und ausführliche Aufklärung und Beratung beider Elternteile (25). Zu bemerken ist allerdings auch, dass es bisher keine Evidenz für ein besseres Outcome der Helmtherapie gegenüber speziellen Lagerungen und Physiotherapie bei milden bis moderaten Ausprägungen der Deformität gibt (35).

---

## 1.10 Folgen einer ausbleibenden Therapie

Der lagerungsbedingte Plagiocephalus wird von den meisten Spezialisten als ein rein kosmetisches Problem gesehen (69). Aber ohne eine angemessene Behandlung, behalten bis zu 10% der Kinder im Verlauf eine persistierende, milde bis deutliche Schädelasymmetrie (70). Diese birgt das Risiko negativer physischer und psychosozialer Effekte (71). Viele Eltern sorgen sich, weil sie eine Benachteiligung ihrer Kinder im späteren Leben durch die Gesichtsasymmetrie fürchten. Sie befürchten Hänseleien durch weniger attraktive Gesichtszüge, sowie geringes Selbstwertgefühl und Voreingenommenheit durch Autoritäten (z. B. Lehrer) (69). Die Asymmetrie beinhaltet aber auch eine signifikante Verkürzung des Jochbogens auf der betroffenen Seite. Orbita und Maxilla weisen anterior-posteriore Abweichungen, als Folge von Verschiebungen in der vorderen und hinteren Schädelbasis, auf (72). Es wurde eine signifikante einseitige Veränderung der Mandibula, welche keine primäre Ätiologie aufweist, bei Säuglingen mit dieser Erkrankung gefunden (73). Zusätzlich kann es durch die Rotation der Schädelbasis zu einer sekundären Vorwärtsverschiebung im Temporomandibular-Gelenk kommen (53). All

diese Faktoren können zu schwerwiegenden kieferorthopädischen Komplikationen führen (71). Durch die Verlagerung der Ohrachsen, dem „ear-shift-Phänomen“, kann das auditorische System beeinträchtigt sein, woraus auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen resultieren können (74). Obwohl man eine Assoziation zwischen Strabismus und einer sekundären Kopfdeformität fand, konnte keine Kausalität gezeigt werden (17). In der Literatur wird kontrovers diskutiert, ob Kinder mit lagerungsbedingtem Plagiocephalus unter Entwicklungsverzögerungen leiden. Knight und Kollegen vertreten die Meinung, dass eine Kopfdeformität ohne vorzeitigen Nahtverschluss nicht zu einer Entwicklungsstörung führt. Vielmehr kann sie allerdings ein Zeichen für ein erhöhtes Risiko der Entwicklung solcher Probleme sein (75). Andere Autoren tendieren dazu, einen Zusammenhang zwischen einer eingeschränkten mentalen und psychomotorischen Leistung der Patienten und der Diagnose zu beschreiben. Jedoch konnte bis heute keine Kausalität bewiesen werden (76-78). In einer Re-Evaluation von Patienten im Alter von drei bis fünf Jahren konnte gezeigt werden, wie Kinder Entwicklungsrückstände wieder aufgeholt haben, welche bei der Diagnosestellung festgestellt wurden. Die überwiegend grobmotorischen Schwächen im Säuglingsalter werden als Teil des kausalen Weges zur Entwicklung einer Deformität gesehen (79). Zusammenfassend konnte bisher nicht mit ausreichender Evidenz bewiesen werden, ob die Diagnose des lagerungsbedingten Plagiocephalus als Risikofaktor für eine Entwicklungsverzögerung gewertet werden kann (25).

---

## 1.11 Ziele der Arbeit

Mit dieser prospektiven Arbeit wollten wir Einflussfaktoren detektieren, die für einen sicheren positiven Effekt der zur Verfügung stehenden therapeutischen Maßnahmen verantwortlich sind. Dabei konzentrierten wir uns vor allem auf die Größe der Fontanelle.

Es wurden folgende Hypothesen erarbeitet:

1. Bei einer milden Asymmetrie und einer großen Fontanellenfläche ist eine spontane Verbesserung der Asymmetrie ohne Kranioorthese zu erwarten.
2. Patienten, bei denen die Fontanellenfläche klein und die Abflachung relevant ist, erzielen durch die Helmtherapie ein besseres Remodelling.

Dafür wurde zunächst nur der Patientenverlauf ohne dynamische Koporthese betrachtet, um ein möglichst natürliches Kopfwachstum zu garantieren. Die Ergebnisse wurden in einem zweiten Schritt mit dem Kollektiv der „Helmpatienten“ verglichen.

Ein weiteres Ziel der Studie ist die Untersuchung der Therapie mittels individuell angefertigter Koporthese und die Darstellung ihrer Effektivität im Vergleich zu anderen Therapieoptionen.

---

## 2 Methodik

---

### 2.1 Patienten

Die Patientenauswahl erfolgte im Rahmen der Kraniospinalen Sprechstunde der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital in München unter der Leitung von OA Dr. med. Lehner und in der gleichnamigen Sprechstunde in der Kinderchirurgischen Klinik des Zentralklinikums Augsburg, die von OA Dr. med. Lochbihler geführt wird. Diese elektiven Ambulanzen bilden jeweils Zentren für die verschiedensten Fragestellungen aus dem Gebiet der Kraniospinalen Kinderchirurgie. In komplexen Fällen besteht für beide Zentren die Möglichkeit einer interdisziplinären Zusammenarbeit. In München erfolgte diese vor allem mit Frau Prof. Dr. med. Peraud und PD Dr. med. Dr. dent. Mast vom Universitätsklinikum der LMU. Die Kraniospinale Sprechstunde ist am Dr. von Haunerschen Kinderspital seit 2002 und an der Kinderchirurgischen Klinik des Klinikums Augsburg seit 2008 fest etabliert. Die Vorstellung der Patienten erfolgte durch die Überweisung des behandelnden Kinderarztes aus der Praxis oder durch eine elterliche Selbstvorstellung.

Einschlusskriterien für diese Beobachtungsstudie waren alle Kinder mit einem einseitig betonten lagerungsbedingten Plagiocephalus ab einer Diagonalendifferenz von 0,5 cm und einem Schweregrad von mindestens Typ II nach der Argenta-Klassifikation, die sich im Zeitraum von August 2015 bis Dezember 2016 vorstellten. Es mussten mindestens zwei Besuche mit vollständiger Vermessung dokumentiert worden sein. Sollte einer davon vor dem Zeitintervall gewesen sein, wurden diese Daten mit berücksichtigt.

Ausschlusskriterien waren alle Formen von Nahtsynostosen, syndromale Kopfdeformitäten, reine brachycephale Schädeldeformitäten und neurologische Erkrankungen, die eine Objektivität der Gruppen beeinflusst hätten. Dazu wurden Erkrankungen mit verlangsamter Motorik und verändertem Kopfwachstum (z.B. Hydrocephalus) gezählt. Die Schwangerschaftswoche, der Geburtsmodus, das Alter bei der Erstvorstellung, sowie die Herkunft spielten als Ein- oder Ausschlusskriterien keine Rolle.

---

## 2.2 Anamnesebogen

Zusammen mit den Eltern wurde ein spezifischer Anamnesebogen [Anhang 1] ausgefüllt. Dieser beinhaltet alle relevanten Daten der Erstuntersuchung des Kindes nach der Geburt (U1), der Familiengeschichte, der Kindesentwicklung und der bisherigen Maßnahmen. Damit wurden die Schwangerschaftswoche (SSW), die Geburtsgröße, das Geburtsgewicht, der Kopfumfang bei Geburt, die Lage in utero, der Geburtsmodus, die Besonderheiten während der Schwangerschaft und des Geburtsverlaufes, der APGAR-Verlauf und das Vorhandensein eines Kephalhämatoms dokumentiert. Es wurde erfasst, ob Geschwister ebenfalls eine relevante Kopfdeformität hatten und ob eine mögliche Vorzugshaltung, Erkrankungen, regelmäßige Medikamenteneinnahmen oder Entwicklungsverzögerungen, die von einem niedergelassenen Pädiater bei den Vorsorgen erkannt wurden, vorlagen. Zuletzt wurde eine bereits begonnene Therapie mit Lagerungskissen, spezielle Lagerung, Physiotherapie, Osteopathie oder Helmtherapie mit ihrem Umfang notiert.

Die Verlaufsdocumentation erfolgte über einen eigens dafür entwickelten, standardisierten Verlaufsbogen [Anhang 2]. Dieser beinhaltet das Alter, die Vorstellungsanzahl, die komplette Vermessung und die Schweregradeinteilung der Kopfdeformität des kleinen Patienten. Für die Erhebung der Maße wurden zwei verschiedene Systeme verwendet. Während in München die klassische Variante mittels Kephalometer und Maßband bevorzugt wurde, verwendete man in Augsburg das STARscanner™ Laser Data Acquisition System von Orthomerica. Es wurden der Kopfumfang (KU), der Längs- und Querdurchmesser, die transkraniellen Diagonalen und ihre Differenz (DD), die Fontanellenlänge und -breite und eine Verschiebung der Ohrachsen, der Stirn und der Wangen gemessen. Zusätzlich wurde auf ein bestehendes Rotationsdefizit in der Halswirbelsäule geachtet. Daraus wurden anschließend der Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI), der Cranial Index (CI), die Fontanellenfläche und ein Rotationsdefizit berechnet. Anschließend wurde der Patient einem Schweregrad gemäß der Argenta-Klassifikation zugeordnet und die Asymmetrie kategorisiert.

Die Kinder wurden nach einem einheitlichen Therapieplan behandelt [Abbildung 6]. Allen Patienten wurde bis zum sechsten Lebensmonat Maßnahmen zur Lagerung und eine physiotherapeutische Therapie empfohlen. Eine osteopathische Behandlung wurde nicht empfohlen, aber auch nicht explizit abgelehnt. Patienten mit persistierenden milden Asymmetrien wurden angehalten, weiterhin die Therapie fort zu führen. Bei schwe-

ren Formen wurde eine dynamische Kopforthese verschrieben. Diese sollte in den ersten drei Monaten 23 Stunden täglich getragen werden. Bei einer Verbesserung wurde die Tragezeit anschließend auf die nächtlichen Stunden verkürzt. Bei den Kindern mit moderaten Deformitäten gab es zwei Möglichkeiten. Bei einer Besserung der Asymmetrie im Verlauf der ersten sechs Lebensmonate wurde die weitere Lagerungs- und Physiotherapie ohne Kranioorthese bevorzugt. Beim Ausbleiben eines positiven Effekts oder sogar einer Verschlechterung wurde auch diesen Patienten ein Helm rezeptiert. Dieser sollte im gleichen Ausmaß wie in der Gruppe der schweren Asymmetrien getragen werden. Jedoch wurde die Finanzierung oft von den Krankenkassen verweigert, sodass diese Therapieoption für einige Familien die finanziellen Möglichkeiten überschritt und somit nicht in Frage kam. Die regelmäßigen Verlaufskontrollen erfolgten in einem sechs- bis achtwöchigen Rhythmus.

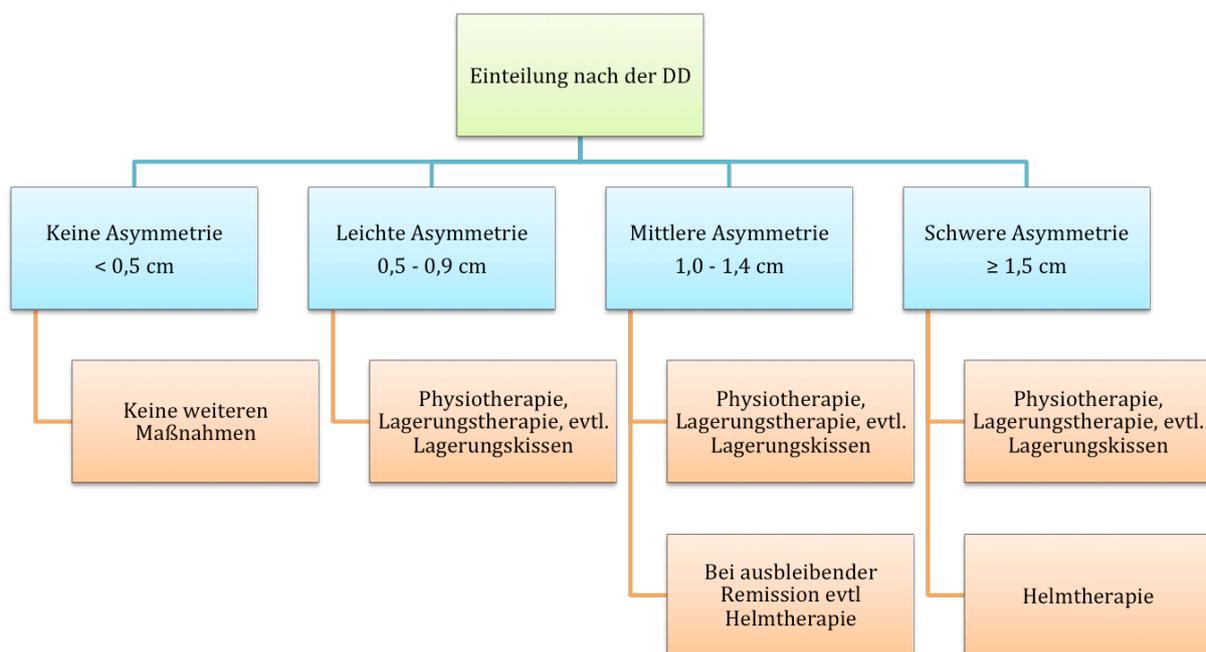


Abb. 6: Einheitlicher Therapieplan während der Studie in der kraniospinalen Sprechstunde

Die Orthesen wurden von den Firmen ProWalk (Augsburg) und Streifeneder (München) angefertigt. Erstere verwendete dabei das Modell STAR-band™, welches aus leichtem Kunststoff (Polyethylen) mit spezieller Innenpolsterung (Plastazote) besteht. Die Form des Helms wurde anhand der Daten aus dem STARscanner™ berechnet. Die Firma Streifeneder verwendete für die Außenseite ihrer dynamischen Kranioorthesen Thermoplast

und für die Innenseite ebenfalls Plastazote. Für die Luftzirkulation wurden kleine Löcher durch den Helm gebohrt. Zusätzlich befand sich an der abgeflachten Stelle am Hinterkopf eine Kontrollöffnung zur Beurteilung der darunter liegenden Haut [Abbildung 7]. Die Maße für die Herstellung wurden bei der Firma aus München mit der Hilfe eines Gipsabdruckes des Kopfes ermittelt. Die Innenpolsterungen beider Helmtypen konnten im Laufe der Behandlungen wiederholt durch Schleifen angepasst werden. Dies schützte den Kopf vor Druckstellen oder anderen potenziellen Nebenwirkungen der Therapie und passte den Helm dem Verlauf der Symmetrieverbesserung des Kopfes an.

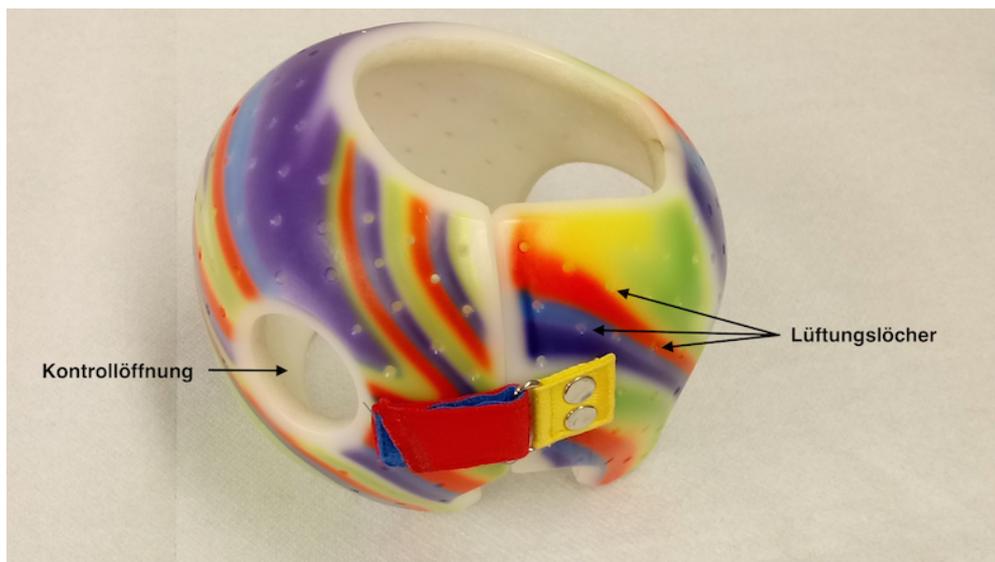


Abb. 7: Kranioorthese von der Firma Streifeneder

Zur statistischen Auswertung der Studie wurden die Daten nach jeder Sprechstunde in einer Excel-Tabelle anonymisiert gesichert. Hierbei wurden zunächst von allen erschienenen Kinder die Information gesammelt. Nach Abschluss des Zeitintervalls wurden die Patienten, die die Studienkriterien erfüllten, in die Statistik-Software SPSS übertragen. Die restlichen Daten wurden wieder gelöscht. Mit diesem Programm wurden anschließend die statistischen Analysen durchgeführt und mit Diagrammen veranschaulicht.

---

### 2.3 Parameter

Zu Beginn der Untersuchung jedes Patienten erfolgte stets eine ausführliche Anamnese. Wichtig war dabei vor allem, zu eruieren, ob bereits Therapien durchgeführt wurden und ob es laut Erziehungsberechtigten bereits zu einer subjektiven Verbesserung kam. Die Fragen bezüglich der ersten Vorsorgeuntersuchung (U1) wurden mit dem Vorsorgeheft beantwortet. Sollte dieses gefehlt haben, wurde der Fragebogen den Eltern mitgegeben oder bei der nächsten Verlaufskontrolle vervollständigt.

Anschließend wurde der Säugling eingehend untersucht. Zu Beginn saß er auf dem Schoß der Bezugsperson mit Blick zu ihr, damit man ihn aus der Vogelperspektive betrachten konnte. Die Suche nach besonderen Auffälligkeiten in der Kopfform erfolgte visuell und manuell. Zusätzliches Interesse bestand für eine Asymmetrie der Stirn und ein Abweichen der Ohrachsen. Um die Ohrachsen besser beurteilen zu können, setzte man die Zeigefingerspitzen an den Tragus. Dadurch wurden die Achsen optisch verlängert und eine Abschätzung der Verschiebung war leichter und genauer möglich. In der gleichen Position erfolgte der Blick von hinten auf das Köpfchen, um Besonderheiten in der Form zu erkennen. Zudem war es so möglich, lokal begrenzten Haarausfall, der für eine vermehrte Druckbelastung spricht, zu finden. Der Blick auf das Profil von beiden Seiten erlaubte die Beurteilung der seitengleichen Darstellung der Gesichtsknochen und der Stirn. Für die letzte Position wurde das Kind auf dem Schoß der Bezugsperson so gedreht, dass es in die gleiche Richtung blickte wie sie. Von vorne wären eine Gesichtsskoliose, Verschiebung der Ohren und Schädelasymmetrien aufgefallen. Für die Vermessung wurde der Patient in dieser Haltung belassen [Abbildung 8].



Abb. 8: Vermessung mittels Kephalometer in der Kraniospinalen Sprechstunde

Bei Bedarf wurde der Kopf von einer weiteren Person durch beidhändiges Halten an Mandibula und äußerer hinterer Schädelbasis fixiert. Der Kopfumfang (KU) wurde mit einem Maßband gemessen. Als Landmarken dienten die Glabella und die Protuberantia occipitalis externa. Die Dokumentation des Wertes erfolgte auf dem Patientenbogen. Dort wurde ebenfalls kontrolliert, ob es zu einem perzentilengerechten Wachstum gekommen war. Für den KU bei den einzelnen Vorstellungen und die Werte der U1 wurden mit Hilfe des „Ped(z)-Kinderarzt-Rechners“ die Perzentilen berechnet. Bei frühgeborenen Patienten verwendete man ausschließlich das korrigierte Alter. Für die folgenden Strecken wurde ein Kephalometer verwendet. Der Längsdurchmesser wurde zwischen den Strukturen, die als Orientierungspunkte für den Kopfumfang dienten, gemessen. Der Querdurchmesser ergab sich aus der Verbindungslinie zwischen dem rechten und linken Otobasion superius. Die kurze Diagonale (DA) erstreckte sich von dem am weitesten lateral liegenden Punkt nahe der Sutura frontozygomatica diagonal zur Seite der Hinterkopfabflachung und die lange Diagonale (DB) von der anderen Stirnseite aus diagonal zur Hinterkopferhebung. Zur Orientierung am Hinterhaupt diente die Linea nuchae [Abbildung 9].

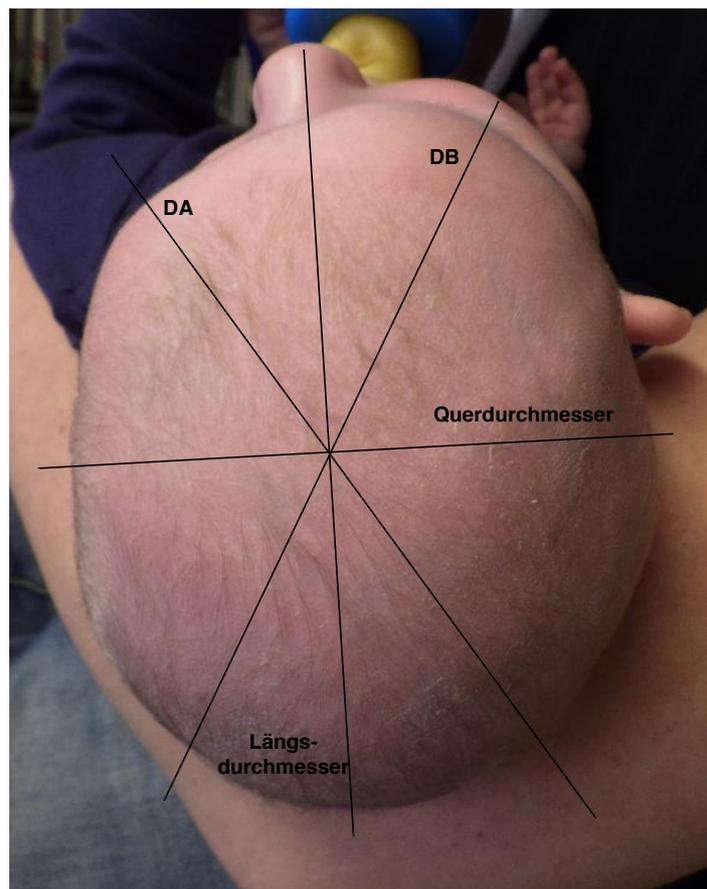


Abb. 9: Skizze der nötigen Strecken zur Vermessung des Kopfes

Als nächsten Parameter betrachtete man die große Fontanelle. Hierbei interessierte man sich für die Fläche der Öffnung. Diese wurde aus der Länge und der Breite, die mit Hilfe eines Maßbandes gemessen wurden, berechnet. Im selben Schritt wurden auch die Schädelnähte - so weit es möglich war - abgetastet, um eventuelle frühzeitige Verknöcherungen zu bemerken. Den letzten Abschnitt der körperlichen Untersuchung stellte die Prüfung der Rotation in der Halswirbelsäule dar. Man testete aktiv und passiv die Kopfdrehung in beide Richtungen und bestimmte mit einem Winkelmesser die Defizite im Seitenvergleich.

Die Ergebnisse der Vermessung des Kopfes wurden für die Berechnung des CVAI, des CI und der Diagonalendifferenz verwendet.

$$CVAI [\%] = \frac{(Diagonale B [cm] - Diagonale A [cm])}{Diagonale A [cm]} \times 100$$

Der CVAI [%] beurteilt die Schiefe des Kopfes. Anhand der Werte kann man eine milde („5 – 9“), moderate („10 – 15“) und schwere („> 15“) Form unterscheiden.

$$CI [\%] = \frac{Querdurchmesser [cm]}{Längsdurchmesser [cm]} \times 100$$

Der CI [%] gilt als Maß für das Verhältnis von Länge zu Breite, welches bei einem reinen Plagiocephalus weniger wichtig ist, aber eine zusätzliche brachyzephele Komponente aufzeigen kann. Auch hier unterscheidet man eine milde („91 – 93“), eine moderate („94 – 97“) und schwere („> 97“) Ausprägung. Je höher der Wert wird, desto stärker weist der Kopf eine brachyzephele Form auf.

$$DD [cm] = Diagonale B [cm] - Diagonale A [cm]$$

Die DD [cm] war für uns der entscheidende Parameter. Dadurch ließ sich die Asymmetrie hervorragend darstellen und kategorisieren. Die Einteilungsabschnitte waren „0,6 – 0,9 cm“ für eine milde, „1,0 – 1,4 cm“ für eine moderate und „≥1,5 cm“ für eine schwere Abweichung.

Asymmetrieklasse	DD [cm]	CVAI [%]	CI [%]
Mild	0,6 - 0,9	5 - 9	91 - 93
Moderat	1,0 - 1,4	10 - 15	94 - 97
Schwer	≥ 1,5	> 15	> 97

Tab. 1: Einteilung der Asymmetrieklassen

$$\text{Fontanellenfläche [mm}^2\text{]} = \text{Länge [mm]} \times \text{Breite [mm]}$$

Die Fontanellenfläche wurde auf Grund der besseren Veranschaulichung der Werte in „mm<sup>2</sup>“ notiert. Die Fontanellen wurden in drei Level - „klein“, „mittel“ und „groß“ - mit den Wertemengen von „≤25 mm<sup>2</sup>“, „26 – 225 mm<sup>2</sup>“ und „> 225 mm<sup>2</sup>“ eingestuft. Diese entsprechen den Messergebnissen der Länge und Breite von „≤5 mm x 5 mm“, „≤15 mm x 15 mm“ und „>15 mm x 15 mm“. Die Grenzen beziehen sich auf klinische Erfahrung aus der kraniospinalen Sprechstunde und die Studie von J. Pindrik (80).

Level	Länge [mm] x Breite [mm]	Fläche [mm <sup>2</sup> ]
Klein	≤ 5 x 5	≤ 25
Mittel	≤ 15 x 15	26 - 225
Groß	> 15 x 15	> 225

Tab. 2: Einteilung der Fontanellengröße

Bei einem klinisch nicht sicheren Ausschluss einer Kraniosynostose und insbesondere vor dem Beginn einer Orthesentherapie wurde eine Röntgendiagnostik des Köpfchens in zwei Ebenen angefertigt.

Zum Schluss der Vorstellung in der Elektivambulanz erfolgte eine ausführliche Aufklärung der Eltern über die Diagnose, die Prognose und die möglichen Therapien. Den Familien wurde der einheitliche Therapieplan empfohlen, da hiermit in den letzten Jahren in unserer Plagiocephalussprechstunde gute Erfahrungen gemacht worden sind. Zusätzlich erfolgte die Informationsvermittlung bezüglich der Studie und der Möglichkeit der freiwilligen Teilnahme. Es wurde betont, dass dies keinen Einfluss auf die Behandlungsstrategie habe und keinen Mehraufwand für die Eltern bedeuten würde. Abschließend wurde über das Case-Management ein neuer Termin im Abstand von sechs bis acht Wochen zur Verlaufskontrolle vereinbart.

Die Patientendokumentation im Klinikum Augsburg erfolgte auf ähnliche Weise. Für die Vermessung wurde abweichend ein 3D-Scanner verwendet. In dieser Spezialeinrichtung wurden nur Kinder, die nach der oben genannten Einstufung eine Helmtherapie benö-

tigten, weiter verfolgt. Die Scans erfolgten dabei zu Beginn und am Ende der Behandlung. Die Verlaufskontrollen erfolgten rein visuell und palpatorisch.

Alle Datensätze, welche die Kriterien für eine Aufnahme in die Studie erfüllten, wurden in der Auswertung berücksichtigt. Zur Wahrung der Anonymität der Patienten erfolgte eine Pseudonymisierung mittels eigener Identifikationsnummern. Somit konnte man im weiteren Verlauf nur auf Informationen der Excel-Tabelle zugreifen. Es wurden keine Namen, Adressen oder andere Daten, die Rückschlüsse auf den Patienten hätten geben könnten, gespeichert.

---

## 2.4 Statistik

Im ersten Schritt der Auswertung wurden die Patienten in zwei Gruppen aufgeteilt. Die eine wurde von Kindern, die ausschließlich ohne dynamische Kraniorthesen behandelt wurden, gebildet. Die Patienten „mit Helm“ ergaben das zweite Kollektiv. Dies geschah, weil man in der ersten Gruppe ein Kopfwachstum ohne von außen wirkende Einflüsse – wie z. B. durch eine Orthese – beobachten wollte. Diese Ergebnisse konnte man anschließend mit denen der anderen Säuglinge vergleichen.

Um eine Vergleichbarkeit der Kollektive zu demonstrieren, wurden in der deskriptiven Statistik zunächst die Daten der U1 und der Erstvorstellung analysiert und mit einem t-Test verglichen. Anschließend erfolgte die Berechnung der Änderungen der Kennwerte (KU, DD, CI, CVAI) als Steigung pro Monat, da man den Verlauf und nicht die statischen Werte betrachten wollte. Dies erfolgte einerseits im Durchschnitt für den gesamten Therapieverlauf und andererseits auch separat zwischen den einzelnen Vorstellungen. Durch die vielen einzelnen Wertepaare konnte die Fallzahl in einzelnen Berechnungen gesteigert werden, die sich somit von der eigentlichen Patientenzahl unterscheidet. Für die Fontanelle war nicht die Änderung der Fläche, sondern die eigentlich Größe von belang. Daher wurde die Einteilung in drei Grade berücksichtigt. Blieb zwischen zwei Terminen die Größe gleich wurde sie auf diesem Niveau eingestuft. Änderte sich das Level der Fläche („klein“, „mittel“, „groß“) bezeichnete man die Größe als Grad zwischen diesen - „mittelklein“ oder „mittelgroß“. Dadurch ergaben sich in der Analyse insgesamt fünf Kategorien für die Fontanellenfläche. Auch das Alter wurde in Kategorien eingestuft. Bei frühgeborenen Kindern wurde während der ganzen Arbeit mit dem korrigier-

ten Alter gerechnet. Es entstanden die Gruppen „<6 Monate“, „6 – 9 Monate“, „9 – 12 Monate“ und „>12 Monate“. Weitere Ziele waren das Herausarbeiten von Unterschieden in den beiden Kollektiven bezüglich der Kopfumfangszunahme (KU-Zunahme in cm/Mo) und der Diagonalendifferenz-Änderung (DD-Änderung in cm/Mo) in Abhängigkeit von der Fontanellenfläche, dem Rotationsdefizit und dem Alter. Hinzu kam die Bewertung der Einflussfaktoren auf die DD-Änderung und die KU-Zunahme mittels Korrelationsberechnungen und Regressionsanalysen. Für einen annähernd normal wachsenden Kopf wurde die Gruppe ohne Helm als Referenz, also als Kontrollgruppe, verwendet. Die beobachtete Gruppe war somit diejenige mit Kraniorthesen. Von großem Interesse waren im Verlauf die Unterschiede in der „Helmgruppe“ vor und während der therapeutischen Anwendung einer individuell angefertigten Koporthese, welche mit dem t-Test veranschaulicht wurden. Als letzter Punkte der statistischen Analyse mit SPSS, erfolgte die Gegenüberstellung der Therapiedauer, der erreichten absoluten DD-Änderung und der erlangten Symmetrie zum Ende der Verlaufsbeobachtung zwischen den beiden Kohorten. Hierbei wurden nur die Patienten verwendet, die im Zeitintervall der Einschlusskriterien dieser Forschungsarbeit die Behandlung abgeschlossen hatten.

---

## 3 Ergebnisse

---

### 3.1 Übersicht

Insgesamt erfüllten 98 Kinder die Studienkriterien. Davon wurden 76 in München und 22 in Augsburg therapiert. Im Klinikum Augsburg wurden lediglich Patienten, die einen Helm benötigten, verfolgt. Im Dr. von Haunerschen Kinderspital waren 68 der eingeschlossenen Patienten ohne Kranioorthese behandelt worden. Daraus entstanden für die Referenzgruppe ohne Helm 68 und für die Helmgruppe 30 Teilnehmer. Das Geschlechterverhältnis ergab eine Verteilung von 31 Mädchen zu 67 Jungen.

---

### 3.2 Vergleich der Erstuntersuchungen (U1)

Es wurden zunächst die Daten der U1 verglichen. Wir untersuchten die Körpergröße, das Körpergewicht und den Kopfumfang der Patienten bei Geburt. Dazu kamen die Schwangerschaftswoche, der Geburtsmodus und die Anzahl an Zwillingen in beiden Gruppen.

Für die Referenzgruppe ergaben sich die Werte 49,91 cm (Geb.-Größe), 3018,68 g (Geb.-Gewicht), 34,07 cm (Geb.-KU) und 37,75 Wochen (SSW). 47% der Kinder ohne Helm kamen mittels Sectio auf die Welt und 16,13% waren Zwillinge. Bei den Patienten mit Helm berechneten wir die Mittelwerte 49,79 cm (Geb.-Größe), 3020,86 (Geb.-Gewicht), 34,58 cm (Geb.-KU) und 38,43 Wochen (SSW). Dabei wurden 43% mit Hilfe eines Kaiserschnitts geboren und 14,29% waren Zwillinge [Tabelle 3].

	Ohne Helm		Mit Helm		P-Wert
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	
Geb.-Größe [cm]	49,91	3,55	49,79	2,97	0,931
Geb.-Gewicht [g]	3018,68	586,68	3020,86	487,78	0,993
Geb.-Kopfumfang [cm]	34,07	2,05	34,58	1,66	0,561
SSW [Wo]	37,75	2,53	38,43	2,94	0,507
Sectio-Rate [%]	47		43		0,847
Zwillings-Rate [%]	16,13		14,29		0,901

Tab. 3: Unterschiede in den Patientengruppen bei der Erstuntersuchung nach der Geburt (U1)

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte in den beiden Gruppen. Bei Geburt waren die betrachteten Parameter in den Kohorten sehr ähnlich. Daraus lässt sich folgern, dass die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen gegeben ist und, dass es bei Geburt noch keine Anzeichen auf eine später notwendig werdende Helmtherapie gab.

### 3.3 Vergleich der Erstvorstellungen

Als Nächstes verglichen wir die beiden Gruppen bezüglich ihrer Werte bei der Erstvorstellung in der Elektivambulanz. Hierfür suchten wir nach Auffälligkeiten bezüglich des Erstvorstellungsalters beim Spezialisten, der initialen Diagonalendifferenz, dem Kopfumfang, dem „Cranial Index“, dem „Cranial Vault Asymmetry Index“ und zuletzt der Gradeinteilung durch die „Argenta-Klassifikation“. Die Familien der Patienten wurden durchschnittlich kurz vor dem sechsten Lebensmonat (5,74 Monate) vorstellig. Der Kopf ist in beiden Gruppen seit der Geburt ungefähr identisch gewachsen und der Cranial Index verhält sich ähnlich. Jedoch gibt es signifikante Unterschiede in der berechneten Diagonalendifferenz und dem Cranial Vault Asymmetrie Index. In der Gruppe der Kinder, die im Verlauf mit einer dynamischen Kranioorthese versorgt wurden, zeigten sich bereits bei der Erstvorstellung deutlich signifikant höhere Messungen in der DD ( $p < 0,001$ ) und dem CVAI ( $p < 0,001$ ). Kinder ohne Helm wiesen eine initiale DD von 1,03 cm und einen CVAI von 8,36% auf, wohingegen die Helmgruppe durchschnittlich mit 1,66 cm DD und einem CVAI von 12,58% startete. In der Klassifikation der Asymmetrie nach Argenta et. al. präsentierte die Helmgruppe deutlich höhere Werte (3,43) als die Referenzgruppe (2,75). Statistisch unterschieden sich hier die beiden Gruppen aber nur mit einer Borderline-Signifikanz ( $p = 0,067$ ) voneinander [Tabelle 4].

	Ohne Helm		Mit Helm		P-Wert
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung	
Alter [Mo]	5,68	2,07	5,86	1,85	0,677
Diagonaledifferenz [cm]	1,03	0,32	1,66	0,36	0,000
Kopfumfang [cm]	42,61	1,82	42,94	1,89	0,414
CI [%]	92,78	8,1	92,48	6,18	0,868
CVAI [%]	8,36	2,72	12,58	3,11	0,000
Argenta-Classification	2,75	0,95	3,43	0,53	0,067

Tab. 4: Unterschiede in den Patientengruppen bei der Erstvorstellung in der kraniospinalen Sprechstunde

### 3.4 Einflussfaktoren auf die DD-Änderung und die KU-Zunahme in der Referenzgruppe

In den weiteren Schritten wurden die Änderungen der Diagonalendifferenz und des Kopfumfanges im Verlauf genauer betrachtet. Zuerst wurden die Mittelwerte der Steigungen über die ganze Therapiedauer berechnet und verglichen. Dabei zeigte sich, dass Säuglinge ohne Helm im Mittel eine DD-Änderung von -0,086 cm/Mo und eine KU-Zunahme von 0,718 cm/Mo aufwiesen. Das zweite Kollektiv zeigte allerdings seit der Verschreibung des Helmes durchschnittlich eine Abnahme der Asymmetrie von -0,161 cm/Mo und ein Kopfwachstum von lediglich 0,472 cm/Mo. Die Ergebnisse sind auf einem Niveau von 99% ( $p < 0,001$ ) signifikant [Tabelle 5].

Gruppenstatistiken					
		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Helm	KUsteigung ohne Helm	68	,7182	,44205	,05361
	mit Helm	30	,4720	,15914	,02906
DDsteigung	ohne Helm	68	-,0863	,08931	,01083
	mit Helm	30	-,1610	,06915	,01263

Tab. 5: Mittelwertvergleich der KU-Zunahme und DD-Änderung in den beiden Kohorten

Das zeigte uns, dass der Helm einen deutlich stärkeren positiven Einfluss auf die Deformität als andere konservative Therapieoptionen hatte. Allerdings zeigte sich dies unter einem geringeren Wachstum des Köpfchens. Dieser Aspekt wurde mit Hilfe der Perzentilen des Kopfumfanges der Kinder kontrolliert. Es zeigten sich Verringerungen der Perzentilen des Kopfumfanges bei 29 von 30 Säuglingen im Verlauf der Helmtherapie. Insgesamt 10% zeigten sogar einen deutlichen Perzentilensprung nach unten.

Ein Teilbereich der Studie war es, Einflussfaktoren auf die Verbesserung der Asymmetrie, also die DD-Änderung, zu finden. Dafür wurden zunächst die Veränderungen des Kopfes in der Referenzgruppe untersucht. Für die weiteren Berechnungen wurden alle einzelnen Wertepaare verwendet. In einer Korrelationsanalyse nach Pearson zwischen der DD-Änderung und der KU-Zunahme ergab sich ein Koeffizient von -0,223 [Tabelle 6], der sich als signifikant erwies ( $p = 0,023$ ). In der zusätzlich durchgeführten Regressionsanalyse ermittelten wir einen Regressionskoeffizient von -0,054. Dies bedeutet, dass bei einem schnell wachsenden Kopf sich die Diagonalendifferenz stärker verringert, als bei langsam wachsenden Köpfen.

**Korrelationen**

		KUZunahme	DDÄnderung
KUZunahme	Korrelation nach Pearson	1	-,223*
	Signifikanz (2-seitig)		,023
	N	105	105
DDÄnderung	Korrelation nach Pearson	-,223*	1
	Signifikanz (2-seitig)	,023	
	N	105	111

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 6: Korrelation zwischen KU-Zunahme [cm/Mo] und DD-Änderung [cm/Mo] ohne Helm

Die gleiche Analyse in der Helmgruppe ergab mit  $r=-0,222$  einen ähnlichen Wert, welcher aber nicht signifikant war ( $p=0,238$ ). Das Patientenkollektiv mit den zugehörigen Wertepaaren ( $N=30$ ) war in dieser Gruppe deutlich geringer. Die Berechnungen wiesen uns allerdings darauf hin, dass für eine schnelle Änderung der DD während der Helmtherapie ein schnelles Kopfwachstum wohl nicht notwendig sei.

Als nächste Einflussfaktoren auf die Änderung der Asymmetrie wurden ein bestehendes Rotationsdefizit, das Alter und die Fontanellengröße analysiert. Um den Einfluss des Rotationsdefizites auf die Änderung der Deformität zu bewerten, wurden die Mittelwerte der DD-Änderung bei Kindern ohne Helm, mit und ohne Defizit in der Beweglichkeit der Halswirbelsäule, verglichen. In der Gruppe mit Bewegungsdefizit in der HWS betrug die Änderung  $-0,078$  cm/Mo  $\pm 0,193$  und damit weniger als in der Gruppe ohne einer entsprechenden Einschränkung ( $-0,084$  cm/Mo  $\pm 0,194$ ). Jedoch handelte es sich hierbei nur um einen minimalen und nicht signifikanten ( $p=0,866$ ) Unterschied. Um das Alter als relevante Größe zu betrachten, wurden die Säuglinge in Gruppen aufgeteilt. Mit der Hilfe einer Varianzanalyse wurden die Mittelwerte der DD-Änderungen in den verschiedenen Altersklassen verglichen [Tabelle 7]. Hier ergaben sich rechnerisch keine relevanten Unterschiede ( $p=0,926$ ).

**ONEWAY deskriptive Statistiken**

DDÄnderung	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
					<6 Mo	28		
6 - 9 Mo	54	-,1030	,19928	,02712	-,1574	-,0486	-1,20	,25
9 - 12 Mo	19	-,0779	,08443	,01937	-,1186	-,0372	-,30	,10
>12 Mo	10	-,0750	,07397	,02339	-,1279	-,0221	-,17	0,00
Gesamt	111	-,0950	,16700	,01585	-,1264	-,0635	-1,20	,33

Tab. 7: Mittelwertvergleich der DD-Änderung [cm/Mo] in verschiedenen Altersklassen

Es zeigte sich die Tendenz, dass im höheren Alter die Änderung nur noch langsam stattfand, jedoch war die hierzu berechnete Korrelation ( $r=0,011$ ) ebenfalls nicht signifikant ( $p=0,905$ ). Wir schlossen daraus, dass das Alter per se keinen Einfluss auf die Änderung der Asymmetrie eines Schiefkopfes hat.

### 3.5 Einfluss der großen Fontanelle auf die Kopfasymmetrie

Als letzten Punkt galt es die Fontanellengröße zu betrachten. Wir verglichen erneut mittels Varianzanalyse die Mittelwerte der DD-Änderungen. Dieses Mal erfolgte die Unterteilung in verschiedene Fontanellengrößen [Tabelle 8].

**ONEWAY deskriptive Statistiken**

DDÄnderung

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
klein	20	-,0635	,08171	,01827	-,1017	-,0253	-,17	,13
mittelklein	28	-,0604	,08172	,01544	-,0920	-,0287	-,34	,05
mittel	28	-,1225	,27581	,05212	-,2294	-,0156	-1,20	,33
mittelgroß	13	-,1438	,16880	,04682	-,2458	-,0418	-,60	,06
groß	22	-,1036	,11074	,02361	-,1527	-,0545	-,33	,13
Gesamt	111	-,0950	,16700	,01585	-,1264	-,0635	-1,20	,33

Tab. 8: Mittelwertevergleich der DD-Änderung [cm/Mo] in verschiedenen Fontanellenlevel

Es zeigte sich, dass die DD-Änderung bei größeren Fontanellenflächen tendenziell stärker ist als bei kleineren. Allerdings zeigten weder die Varianzanalyse ( $p=0,433$ ), noch die darauf folgende Korrelation ( $p=0,097$ ) entscheidende Abweichungen oder Zusammenhänge der verschiedenen Variablen auf. In der folgenden multiplen Regressionsanalyse, mit der DD-Änderung als abhängiger Variabel, bestätigten sich die bereits berechneten Ergebnisse. Daher kamen wir zu der Schlussfolgerung, dass lediglich die Zunahme des Kopfumfanges einen messbaren Einfluss auf die DD-Änderung hat.

Deshalb wurden in den nächsten Berechnungen die Einflussfaktoren auf die KU-Zunahme herausgearbeitet. Wir stellten fest, dass ein mögliches Rotationsdefizit in der Halswirbelsäule des Kindes keinen signifikanten ( $p=0,258$ ) Unterschied des Kopfwachstums im Vergleich zu einer „freien“ Wirbelsäule bewirkte. Der Kopf bei den Patienten mit einer Einschränkung wuchs  $0,83 \text{ cm/Mo} \pm 0,55$  und bei denen ohne Defizit  $0,69 \text{ cm/Mo} \pm 0,67$ . Die Fontanellengröße wurde zur Analyse erneut in Kategorien einge-

teilt, damit zwischen den Gruppen die mittleren KU-Steigungen mittels Varianzanalyse verglichen werden konnten. Es zeigten sich deutliche Unterschiede. Je weiter die Fontanelle geöffnet war, desto schneller nahm der KU zu [Abbildung 10]. Allerdings waren diese Berechnungen, trotz deutlich erkennbaren Trend, nicht signifikant ( $p=0,266$ ).

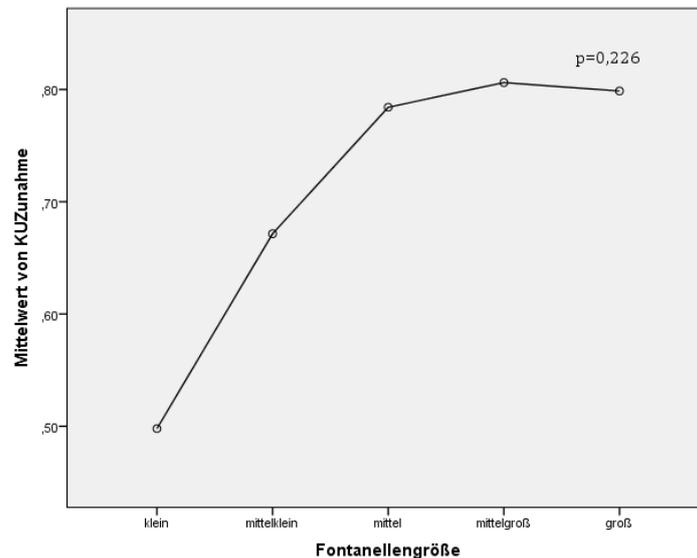


Abb. 10: Mittelwertvergleich der KU-Zunahme [cm/Mo] bei verschiedenen Fontanellengrößen

In der anschließend berechneten Korrelation zwischen der KU-Zunahme und dem Fontanellenlevel bestätigte sich aber die Vermutung. Es präsentierte sich ein statistisch sehr signifikanter ( $p=0,008$ ) positiver ( $r=0,256$ ) Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Die Kategorie „Altersklasse“ offenbarte sich ebenfalls als wichtiger Einflussfaktor auf das Wachstum des Schädels beim Kind. In der Varianzanalyse, welche die KU-Zunahmen in den verschiedenen Altersgruppen verglich, wurden signifikante Unterschiede verzeichnet ( $p=0,001$ ). Die dazugehörige Korrelation spiegelte dieses Ergebnis wieder ( $r=-0,572$ ;  $p<0,001$ ). So konnte auch rechnerisch dargestellt werden, dass bei jüngeren Patienten mit einem schnelleren Kopfwachstum zu rechnen ist [Abbildung 11].

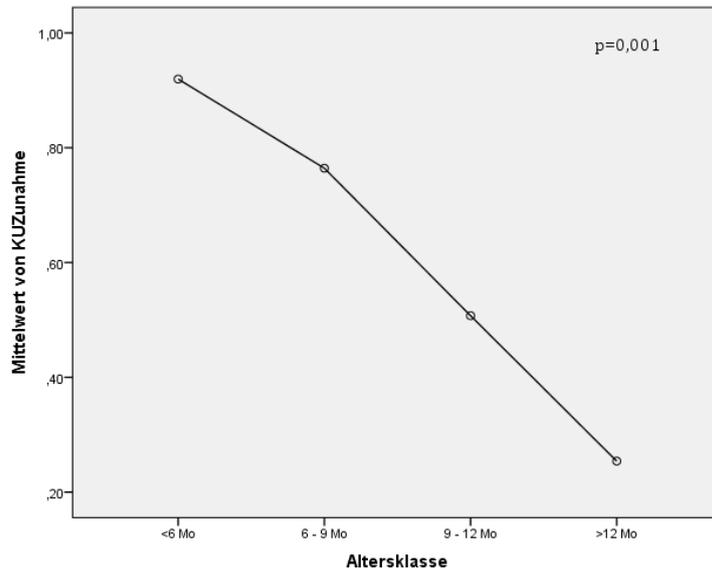


Abb. 11: Mittelwertvergleich der KU-Zunahme [cm/Mo] in verschiedenen Altersklassen

Eine multiple Regressionsanalyse bezüglich der KU-Zunahme als abhängigem Parameter zeigte, dass das Alter ( $\beta=-0,373$ ) einen größeren und wichtigeren Einfluss als die Fontanellengröße ( $\beta=0,061$ ) auf die KU-Zunahme hat. Bei dieser Stichprobe berechnete sich nur die Altersklasse als statistisch signifikanter Einflussfaktor. Es wurden anschließend die Altersklassen mit den Fontanellengrößen verglichen. Wie vermutet, sah man bei jüngeren Patienten relevant ( $p<0,001$ ) weiter geöffnete Fontanellen als bei den älteren Kindern. Jedoch waren Ausreißer in allen Gruppen erkennbar [Abbildung 12].

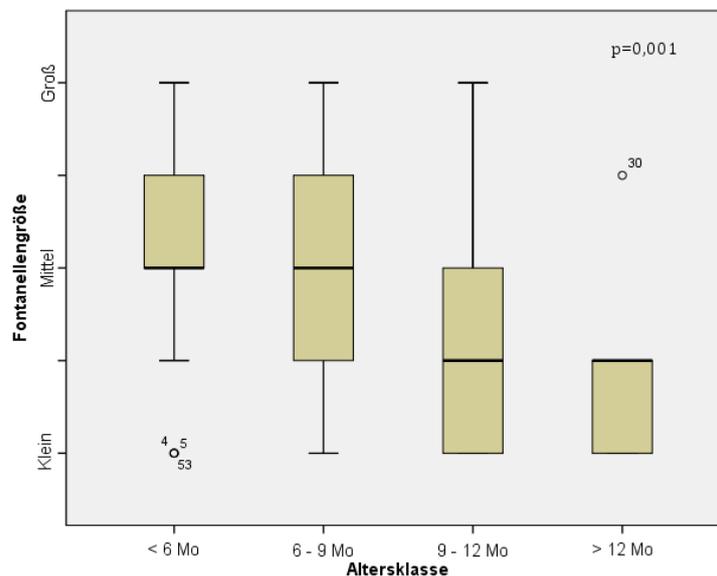


Abb. 12: Vergleich der Fontanellengrößen in verschiedenen Altersklassen

Dennoch ist der Zusammenhang zwischen der Fontanellengröße und dem Kopfwachstum nicht zu übersehen.

---

### **3.6 Kopfveränderungen in Abhängigkeit von der Therapiewahl bei kleiner Fontanelle**

Um die Wichtigkeit der Fontanelle bei der Therapiewahl zu verdeutlichen, untersuchten wir alle Patienten mit dem Fontanellenlevel „klein“. Dies betraf alle Kinder, deren Fontanelle kleiner als 5 mm x 5 mm geöffnet oder bereits verschlossen war. In der Helmgruppe erfüllten 6 Patienten und in der Referenzgruppe 15 Patienten diese Bedingungen. Durch den Einschluss der einzelnen Wertepaare konnte die Fallzahl auf 11 bzw. 20 gesteigert werden. Als Erstes wurden die KU-Zunahmen in den beiden Kohorten gemittelt. Es zeigten sich keine signifikanten ( $p=0,395$ ) Unterschiede mehr. Mit einem Helm nahm der Kopfumfang im Vergleich zur Referenzgruppe minimal schneller zu [Abbildung 13]. In allen anderen Analysen war immer die Geschwindigkeit des Wachstums in der Referenzgruppe höher als in der Helmgruppe. Als zweites untersuchten wir die DD-Änderung zwischen den beiden Therapieoptionen. Hier errechnete sich ein deutlicher und sehr relevanter ( $p=0,001$ ) Unterschied zwischen den Möglichkeiten. Ohne einen Helm verringerte sich die DD im Durchschnitt mit 0,064 cm/Mo und mit einem Helm war die Abnahme der Asymmetrie mit durchschnittlich 0,229 cm/Mo größer [Abbildung 14]. Dies bestätigte unsere Überlegung, dass die Größe der Fontanelle einen wichtigen Indikator für eine Helmtherapie darstellen könnte. Obwohl die KU-Zunahmen annähernd gleich schnell waren, verringerte sich die Asymmetrie mit Orthese um ein vielfaches stärker als in der Referenzgruppe.

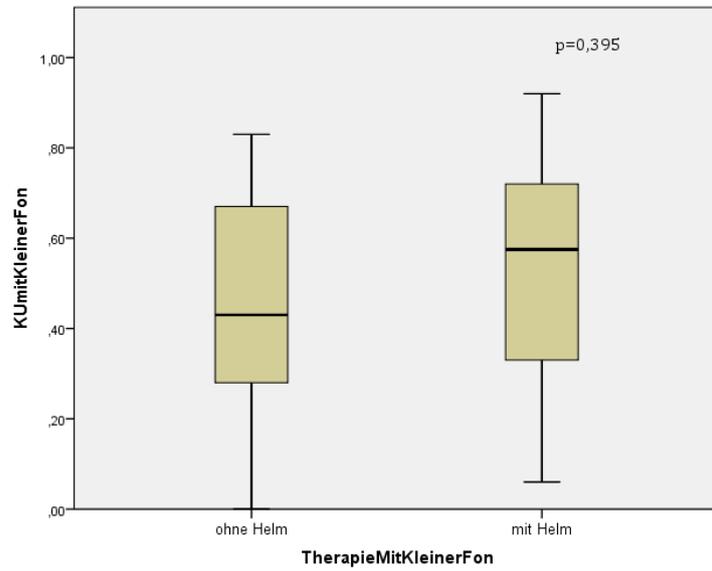


Abb. 13: Unterschiede in der KU-Zunahme

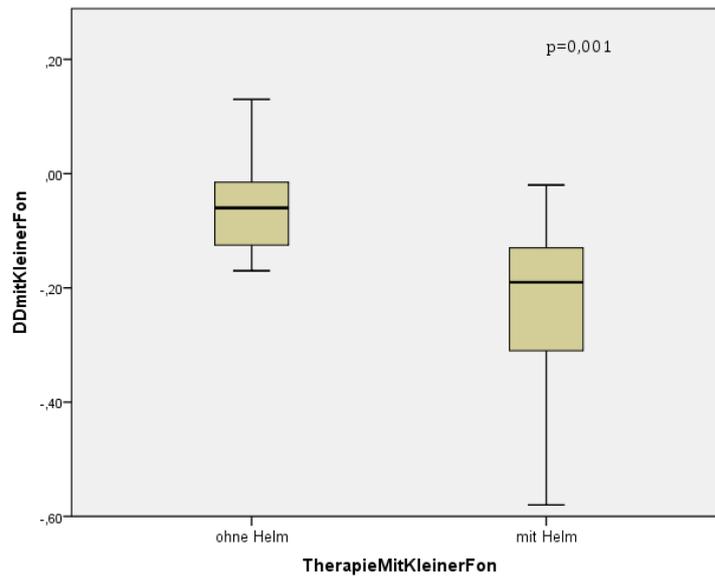


Abb. 14: Unterschiede in der DD-Änderung

---

### 3.7 Unterschiede vor und während der Therapie mittels Kraniorthese

Da nicht alle Kinder der Helmgruppe von Anfang an eine Kraniorthese rezeptiert bekommen hatten, konnten wir die Unterschiede in der DD-Änderung der KU-Zunahme vor und während der Helmtherapie betrachten. Es zeigte sich, dass sich vor dem Einsatz der Orthese die Asymmetrie im Schnitt verschlimmerte (0,15 cm/Mo). Während der Helmtherapie dagegen, kam es zu einer starken Verbesserung der Schiefköpfigkeit (-0,18 cm/Mo). Das Kopfwachstum zeigte vor der Durchführung der Helmtherapie durchschnittliche Werte von 1,01 cm/Mo und währenddessen nur noch 0,50 cm/Mo. [Tabelle 9].

**Gruppenstatistiken**

Therapie	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
DDHelmPat	mit helm	39	-,1772	,08426
	vor helm	8	,1488	,34311
KUHelmPat	mit helm	39	,4995	,18029
	vor helm	8	1,0100	,65883

Tab. 9: Vergleich der Kopfveränderungen [cm/Mo] vor und während der Therapie mittels Kraniorthese

Der deutliche Unterschied in der DD-Änderung vor und während der Orthesentherapie war auf einem 5%-Niveau signifikant ( $p=0,031$ ). Das veränderte Kopfwachstum dagegen war rechnerisch nicht signifikant ( $p=0,065$ ). Es wurde deutlich, dass bei einer initialen Verschlechterung des Befundes meistens die Verschreibung eines Helms nötig war. Wir konnten aber auch einen starken Einfluss dieser Therapiemöglichkeit auf die KU-Zunahme beobachten.

---

### 3.8 Unterschiede in der Therapie-Effektivität mit und ohne Kraniorthese

Als letzten Punkt begutachteten wir das Resultat der Therapien („Outcome“) bei den Patienten. Wir verglichen die Therapiedauer, die absolute Reduktion der Diagonalendifferenz und das Outcome der beiden Therapieoptionen. Für das Endergebnis wurde die Asymmetrie nach der verbleibenden Diagonalendifferenz eingeteilt (s.o.). Ohne eine Kraniorthese wurden die Kinder im Durchschnitt 4,42 Monate lang behandelt, erzielten

eine absolute DD-Reduktion von 0,35 cm und präsentierten zum Schluss mit einem Asymmetriegrad von 1,09 ein milde Deformität. Die Helmgruppe blieb durchschnittlich 6,20 Monate in Therapie, verbesserte die Diagonalendifferenz um 0,93 cm und beendete die Behandlung ebenfalls mit einer nur milden Verformung (1,14) des Kopfes [Tabelle 10].

**Gruppenstatistiken**

		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Orthese	kein Helm	58	4,4181	2,16349	,28408
	Helm	28	6,1964	1,52047	,28734
DDUnterschied	kein Helm	58	,3466	,25561	,03356
	Helm	28	,9286	,31489	,05951
AsymmetrieGrad	kein Helm	58	1,0862	,60072	,07888
	Helm	28	1,1429	,65060	,12295

Tab. 10: Effektivität der beiden Therapieoptionen

Wie man anhand der Werte bereits erahnen konnte, sind die Unterschiede in der Therapiedauer und der absoluten Verbesserung auf einem einprozentigen Niveau ( $p < 0,01$ ) signifikant. Säuglinge mit Helm benötigten fast zwei Monate länger, aber erfuhren dadurch eine drastische Reduktion ihrer Asymmetrie. Diese kleinen Patienten starteten allerdings auch mit einer deutlich größeren initialen DD. Das Endergebnis bezüglich der Asymmetrieeinteilung nach der DD zeigte sich nahezu identisch ( $p = 0,691$ ). Die Kinder erreichten im Durchschnitt in beiden Gruppen den Grad 1, der eine DD zwischen 0,5 cm und 0,9 cm widerspiegelt.

---

### 3.9 Neues Therapiekonzept

Anhand der gezeigten Erkenntnisse war es möglich, ein neues Therapiekonzept [Abbildung 15 und Anhang 3] zu entwickeln. Als entscheidenden Parameter sehen wir primär die Diagonalendifferenz. Die sich daraus ableitende Asymmetriegraduierung dient der Klassifizierung der Säuglinge. Nach Meinung der Arbeitsgruppe sind bei einer milden Ausprägung lediglich eine spezifische Lagerung und eventuelle Physiotherapie notwendig. Bei mittelschweren Deformitäten sollte zunächst die Fontanellengröße betrachtet werden. Bei mittleren und großen Fontanellenniveaus kann auf Grund des möglichen schnellen Kopfwachstums der Spontanverlauf zunächst abgewartet werden. Dieser sollte mit Lagerungsmaßnahmen und Physiotherapie unterstützt werden. Bei den Fällen, in denen die Fontanelle klein oder sogar schon geschlossen ist, ist eine spontane Remission der Deformität nicht zu erwarten. In diesem Fall wird die Rezeptierung einer dynamischen Kranioorthese empfohlen. Es sollte ebenfalls begleitend eine lagerungstechnische und physiotherapeutische Behandlung erfolgen. Bei schweren Asymmetrien ist die klare Indikation für eine Helmtherapie gegeben. Vor der Verschreibung einer Kranioorthese sollte unbedingt eine Nahtsynostose mit Hilfe einer Röntgenaufnahme des Kopfes in zwei Ebenen ausgeschlossen werden. Der Beginn der Behandlung mittels Orthese sollte generell um den sechsten Lebensmonat des Patienten liegen. Bei frühgeborenen Kindern empfehlen wir, hierfür das korrigierte Alter zu berücksichtigen. Die Tragezeit des angepassten Helmes beträgt in den ersten drei Monaten mindestens 23 Stunden am Tag. Für die folgenden drei Monate kann das Tragen, bei einem bereits erzielten Therapieerfolg, auf die nächtlichen Stunden reduziert werden. In allen Gruppen sollten Verlaufskontrollen im sechs- bis achtwöchigen Abstand angestrebt werden. Bei den Wiedervorstellungen erfolgt dann anschließend die Re-Evaluation der Therapiestrategien. Dies betrifft vor allem die Gruppe der Kinder mit moderat ausgeprägter Deformität und mittlerer Fontanellenfläche.

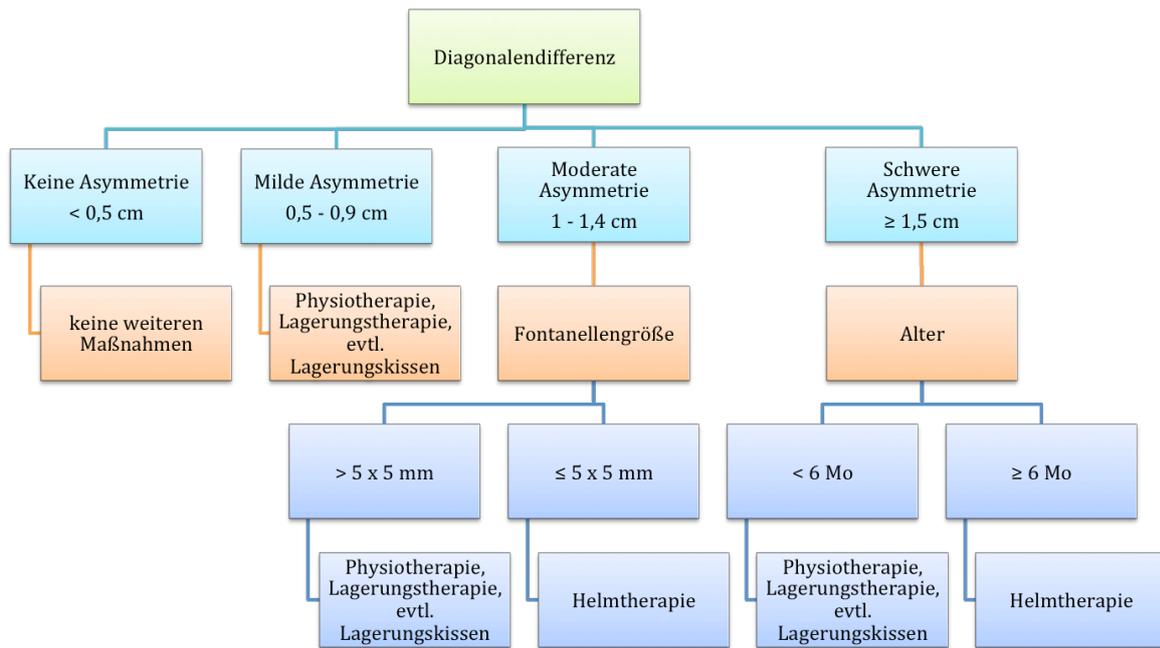


Abb. 15: Neues Therapiekonzept zur Behandlung des lagerungsbedingten Plagiocephalus bei Säuglingen

Nach wie vor bleiben die Aufklärung der Eltern und die frühzeitige Prophylaxe bei bestehenden Risikofaktoren die wichtigsten Maßnahmen der Therapie eines lagerungsbedingten Plagiocephalus.

---

## 4 Diskussion

---

### 4.1 Analyse zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung (U1)

In der hier vorliegenden Arbeit konnten unterschiedliche Risikofaktoren für die Entwicklung eines lagerungsbedingten Plagiocephalus gefunden werden. Unter anderem zählen das männliche Geschlecht, Frühgeburtlichkeit und intrauterine Enge (z.B. durch Mehrlingsschwangerschaften) dazu (17, 21). Unsere Ergebnisse zeigten, dass sich deutlich mehr Jungen als Mädchen mit einem behandlungsbedürftigen Schiefkopf (DD >0,5 cm) in den Spezialsprechstunden vorstellten. Der Anteil der männlichen Säuglinge lag bei 68,4%. Übereinstimmend mit der aktuellen Literatur (z.B. Graham J. et al. und Bridges S. et al.) sehen wir die Dominanz des männlichen Geschlechts bei dieser Diagnose als Folge des größeren Kopfumfanges, eines schnelleren Kopfwachstums und der dabei geringeren Körperflexibilität der Jungen im Vergleich zu den gleichaltrigen Mädchen (56, 81). Ebenso konnten wir einen höheren Anteil von Zwillingsgeburten als in der Normalbevölkerung dokumentieren. In unserer Studie waren 16,13% in der Referenzgruppe und 14,29% in der Helmgruppe Zwillinge. Der deutschlandweite Durchschnitt von Mehrlingsgeburten liegt bei circa 1,2% (82). Im Falle einer Mehrlingsschwangerschaft kommt es oft zu einer intrauterinen Enge. Hierbei kommt es durch den Druck, die Fehlposition in der Gebärmutter und die enge Lage im kleinen Becken vermehrt zu einer Zwangskopfstellung. Diese führt dann, nach der Ansicht von Stellwagen L. et al. (2008), zu Beweglichkeitseinschränkungen in der Halswirbelsäule der Kinder, welche entscheidend für die postnatale Entstehung von lagerungsbedingten Kopfdeformitäten sind (21). Littlefield T. und Kollegen zeigten 2002, dass das Risiko, eine Vorzugshaltung mit den daraus resultierenden Problemen zu entwickeln, für den weiter unten liegenden Zwilling signifikant höher ist (5).

Der Risikofaktor der Frühgeburtlichkeit konnte in dieser Studie nicht bestätigt werden, obwohl die verkürzte Schwangerschaftsdauer kein Ausschlusskriterium darstellte. In unseren beiden Gruppen lag die durchschnittliche Schwangerschaftsdauer mit 38 Wochen im Bereich der reifgeborenen Kinder. Das heißt aber nicht, dass die Frühgeburtlichkeit nicht als Risikofaktor für die Entwicklung von sekundären Schädelasymmetrien gesehen wird. Joganic J. et al. konnten 2009 den Parameter der Frühgeburtlichkeit als Risikofaktor bestätigen (22). Ein Grund für die geringere Zahl an frühgeborenen Kin-

dern in unserem Patientenkollektiv der lagerungsbedingten Plagiocephali ist die konsequente Schulung des Personals in Lagerungstechniken in den Krankenhäusern.

Die Diagnose der sekundären Schädeldeformitäten hat in den letzten Jahren sehr viel Aufmerksamkeit erhalten. Dadurch wird vor allem in Fachkreisen vermehrt auf die richtige und alternierende Positionierung der Säuglinge geachtet. Dies erfolgt mit besonderem Nachdruck in den Geburtskliniken und deren neonatologischen Stationen. Mit Hilfe des erlernten Fachwissens werden die Eltern der Neugeborenen vom ersten Tag an mit eingebunden. Dadurch kann unserer Meinung nach die Fallzahl des lagerungsbedingten Plagiocephalus „einfach, kostengünstig und effektiv“ reduziert werden (83).

Entscheidend für diese Arbeit war, dass sich die Patienten der beiden Gruppen nur minimal voneinander unterschieden. Anhand der erhobenen Daten der Erstuntersuchung nach der Geburt kann nicht festgestellt werden, ob ein Säugling im Verlauf eine Orthese benötigen wird oder nicht. Beide Kohorten starteten mit den gleichen Ausgangswerten bezüglich ihrer U1-Daten. Wir konnten bei der Erstvorstellung vor allem die allgemeinen Risikofaktoren für die Entwicklung einer sekundären Deformität (z.B. eine Vorzugshaltung beim Liegen oder eine Bewegungseinschränkung in der Halswirbelsäule) feststellen. Diese gilt es laut Fachexperten wie z.B. van Vlimmeren P. (2007) zu erkennen und möglichst früh zu behandeln (17).

---

## 4.2 Analyse zum Zeitpunkt der Erstvorstellung

Die Erstvorstellung in einer spezialisierten Ambulanz erfolgt nach Überweisung der Patienten aus der Kinderarztpraxis. Laut Liu Y. et al. sollte bei Kopfdeformitäten, die nach dem dritten Lebensmonat noch imponieren ( $DD > 0,5 \text{ cm}$ ), ein Facharzt der Kinderchirurgie aufgesucht werden (2).

In den hier analysierten Patienten aus den Spezialsprechstunden wurden die Kinder erst mit fast sechs Monaten in den entsprechenden Spezialsprechstunden vorstellig. Sollten bis dahin keine Lagerungstechniken und/oder Physiotherapie begonnen worden sein, ist bereits viel wichtige Zeit für diese verhältnismäßig einfachere Behebung der Asymmetrie verloren gegangen (84). Eine Ursache für diese Problematik könnte dabei der einweisende Arzt sein, da er die Familien eventuell zu spät über eine erforderliche Konsultation aufgeklärt hat. Auf der anderen Seite könnten die mangelnde Kapazität in den

Elektivambulanzen und die damit verbundenen langen Wartezeiten bis zum nächsten möglichen Vorstellungstermin verantwortlich sein.

Für die Optimierung des Vorstellungsprozesses sehen wir die Notwendigkeit der besseren Zusammenarbeit in der Primärversorgung. Die Kinderärzte sollten ausführlich über das Krankheitsbild und die ersten therapeutischen Maßnahmen aufgeklärt sein (z. B. über Fachzeitschriften oder Fortbildungen). Dies wurde u.a. von den Kollegen Linz C., Kunz F., Böhm H. und Schweizer T. gemacht. Sie veröffentlichten im deutschen Ärzteblatt einen Artikel mit einer „Übersicht über die Pathogenese, mögliche Risikofaktoren, Klinik und Diagnostik sowie Therapieoptionen lagerungsbedingter Schädeldeformitäten“ (85). Aufgrund der Problematik der Nahtsynostosen sollten die Kinderärzte in der Praxis zum Ausschluss von frühzeitig verknöchernden Schädelnähten und zur Optimierung der Therapie eine Überweisung zum Spezialisten spätestens im Alter von circa 4 Monaten anstreben. Dies empfehlen wir im Einklang mit Persing J. und Kollegen vor allem, wenn es sich um erhebliche Deformitäten (Diagonalendifferenz  $>1,0$  cm), um Patienten ohne Besserungstendenz und um nicht parallelogrammartige Asymmetrien handelt (14). Um die Kapazitäten in den Kliniken nicht überzustrapazieren, empfehlen wir die milden Asymmetrien im Anschluss nur noch in der Praxis kontrollieren zu lassen.

Rogers G. et al. kommen 2011 zu dem Schluss, dass die Diagnose des lagerungsbedingten Plagiocephalus keine Auswirkungen auf das generelle Kopfwachstum hat (86). In unseren weiteren Analysen der Erstbesuche konnten wir eine gute Kopfumfangszunahme seit der Geburt in beiden Gruppen verzeichnen. Auch der Cranial Index – ein Maß für das Längen-Breiten-Verhältnis des Kopfes (normal 75 - 91%) – entwickelte sich ähnlich. Da ein reiner Brachiocephalus („Kurzkopf“) als Ausschlusskriterium für diese Studie galt, waren die durchschnittlichen CI-Werte von 92,48% in der Helmgruppe und 92,77% in der Referenzgruppe nicht weiter verwunderlich. Sie spiegelten lediglich eine milde Kurzköpfigkeit wieder. Eine generell zunehmende Verkürzung des Schädels im Säuglingsalter wurde in Amerika bereits dokumentiert und mit der „Back To Sleep“-Kampagne der American Academy of Pediatrics in Zusammenhang gebracht. Seit der Empfehlung, die Säuglinge zum Schlafen auf den Rücken zu legen, sind die durchschnittlichen CI-Werte aller Kinder angestiegen (87).

Dies bedeutet für unsere Studie, dass bis zur Erstvorstellung in unserer Sprechstunde die Köpfe der Säuglinge in beiden Kohorten annähernd gleich gewachsen sind.

Die dazu gemessenen Diagonalendifferenzen waren in der Helmgruppe allerdings von Anfang an deutlich größer und unterschieden sich sehr signifikant von der Diagonalen-

differenz der Kontrollkohorte. 97% der Helmpatienten stellten sich bereits beim ersten Termin mit einer moderaten bis schweren Asymmetrie vor. Der klinische Befund wurde durchschnittlich als Stufe III (3,43) der Argenta-Klassifikation eingestuft. Zum klinischen Bild diesen Schweregrades gehören eine Abflachung am seitlichen Hinterkopf, ein Vor-rücken des ipsilateralen Ohres („ear-shift“) und eine prominente ipsilaterale Stirnhälfte („frontal-bossing“). Die Patienten der Referenzgruppe wurden im Schnitt mit einer milden Asymmetrie und lediglich der Stufe II (2,75) gesichtet (6).

Dies bedeutet, dass alle Kinder bei Geburt ähnliche Maße und Voraussetzungen aufwiesen. Die Kinder, welche im Verlauf die Helmgruppe bildeten (30,6%), entwickelten aber in den darauf folgenden Wochen deutlich stärkere Verformungen des Schädels. Obwohl die Kinder in der Referenzgruppe ein ähnliches Kopfwachstum aufwiesen, zeigten sich signifikant mildere Ausprägungen der Schiefköpfigkeit.

Der Verlauf der Asymmetrie-Entwicklung seit der Geburt konnte in dieser Studie nicht bearbeitet werden, da uns hierfür keine Untersuchungsdaten vorlagen. Es bleibt offen, ob präventive Maßnahmen empfohlen und/oder durchgeführt wurden. Durch Aarnivala H. et al. konnte bereits gezeigt werden, dass sich durch gezielte Schulungen beider Elternteile eine relevante Reduktion der Inzidenz der Schädelasymmetrien erzielen lässt (88). Um zu sehen, wie gut sich Eltern an solche Empfehlungen halten und wie schnell eine Missachtung zu Komplikationen führen kann, sind weitere Studien erforderlich.

---

#### 4.3 Einflussfaktoren auf die Diagonalendifferenzänderung und die Kopfumfangszunahme in der Referenzgruppe

Ein wichtiges Maß der Asymmetrie ist die transkraniale Diagonalendifferenz. Wird die Differenz kleiner, normalisiert sich die Form des Köpfchens. Wir konnten in der Referenzgruppe nachweisen, dass ein schnelleres Kopfwachstum [cm/Mo] eine deutlichere Reduktion der Diagonalendifferenz [cm/Mo] als bei geringerem Kopfwachstum bewirkt. Dies bedeutet unserer Meinung nach, dass bei Patienten ohne Helm ein Wachstumsschub, bei dem es zu einem sehr schnellen Wachstum kommt, die Deformität in relativ kurzer Zeit merklich verbessern kann.

Anhand der standardisierten Perzentilenkurven lässt sich ein durchschnittliches Wachstum des Kopfumfanges im Alter zwischen 6 und 9 Monaten mit circa 0,7 cm/Mo berech-

nen. Ein akzeleriertes Kopfwachstum definieren wir daher mit  $\geq 1,0$  cm/Mo, welches um 50% schneller als der Durchschnitt ist. In der Studie konnte man dies mittels Korrelationsanalyse [Tabelle 6] beobachten. Weitere direkte Einflussfaktoren auf die DD-Änderungen konnten wir nicht herausarbeiten.

Andere Studien haben bereits einen Zusammenhang zwischen dem Alter des Patienten und seiner KU-Zunahme beobachtet. In den Publikationen von Flannery A. B. et al. und Robinson S. et al. hatte man herausgearbeitet, dass jüngere Patienten ein schnelleres Kopfwachstum aufwiesen. Daraus resultierte die bereits bestehende Empfehlung, die Kinder so früh wie möglich zu behandeln. Eine Therapie nach dem ersten Geburtstag, im Vergleich zu einem Start mit 6 Monaten, erbringt daher in derselben Zeit keine zufriedenstellenden Ergebnisse mehr (25, 46). Wir hingegen sehen in diesem Faktor einen Baustein, um die Indikation für einen Helm genauer einzugrenzen. Dies wurde in der Literatur bisher nicht beachtet. Beobachtet man die Perzentilenkurven des Kopfumfanges, kann man deutlich sehen, dass die Geschwindigkeit des Wachstums im ersten Lebensjahr am schnellsten ist. Daher wollten wir wissen, ob das Lebensalter sich auch direkt auf die Verbesserung der Asymmetrie auswirkt. Der Einfluss des Alters in der Referenzgruppe lässt sich statistisch nur bei der Kopfumfangs-Zunahme und nicht bei der Diagonalendifferenz-Änderung nachweisen. Da aber ein schnell wachsender Kopf die Asymmetrie stärker reduziert und dieses Wachstum stark vom Alter abhängig ist, stellt auch das Alter einen wichtigen Faktor für die Therapieentscheidung von nicht-synostotischen Schädeldeformitäten dar. Im Idealfall sind alle Kinder ungefähr gleich alt, aber trotzdem wachsen ihre Köpfe nicht gleich. Somit kann man nicht mehr ausschließlich anhand des Alters vorhersagen, bei wem ein besonders schnelles Wachstum zu erwarten ist.

Aus diesem Grund suchten wir noch weitere Einflussfaktoren auf die KU-Zunahme, welche dadurch einen positiven Effekt auf die DD-Änderung haben.

Auffällig ist bei Kindern mit lagerungsbedingtem Plagiocephalus ein Rotationsdefizit in der Halswirbelsäule. Van Vlimmeren L. A., Robbins B. und Do T. T. beschrieben die Physiotherapie als wichtigen Schritt in der Behandlung des lagerungsbedingten Plagiocephalus mit bestehender Bewegungseinschränkung der Kopfdrehung. Robbins B. schreibt, dass „jüngere Patienten mit einer fortgeschrittenen Plagiocephalus zunächst eine Physiotherapie erhalten sollten“ (42-45). In unserer Studie wurde die Reduktion der Diagonalendifferenz bei Patienten mit Bewegungseinschränkung, gegenüber Patienten ohne Bewegungseinschränkung in der Kopfbewegung verglichen. Unsere Daten zeig-

ten trotz besserer Abnahme der Diagonalendifferenz in der Gruppe ohne Einschränkung in der HWS keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Subjektiv konnten wir jedoch einen positiven Effekt einer vollständigen Beweglichkeit feststellen. Jedoch konnten wir diesen Trend nicht statistisch nachweisen. Ein Grund für das rechnerische Ergebnis, beim Vergleich der Asymmetrieveränderung in Abhängigkeit eines Rotationsdefizites in der HWS ( $p=0,866$ ), könnte die schrittweise Verbesserung der Kopffrotation sein. Mit jedem Grad an Rotationsgewinn in der HWS liegt der Säugling potentiell weniger auf der abgeflachten Stelle. In den Abständen zwischen den einzelnen Vorstellungen hatte sich die Beweglichkeit jedoch so stark verändert, dass die langsame, aber stetige Verbesserung nicht genau festgehalten werden konnte. Ein anderer Grund könnte ein zu kleines Kollektiv sein. Dies könnte die Begründung dafür sein, weshalb sich in dieser Studie der günstige Einfluss einer frei beweglichen Halswirbelsäule rechnerisch nicht nachweisen ließ.

---

#### 4.4 Einfluss der großen Fontanelle auf die Kopfasymmetrie

Ein zentraler Aspekt unserer Studie war die Fläche [ $\text{mm}^2$ ] der vorderen oder auch „großen“ Fontanelle (Fonticulus anterior) und dem damit möglichen Zusammenhang mit dem Kopfwachstum. D’Antoni A. V. et al. (2017) zeigten, dass die Fontanellen am Schädel eines Säuglings dem Gehirn ein schnelles Wachstum, ohne dabei zu stark komprimiert zu werden, ermöglichen (89). Wir konnten herausarbeiten, dass die Fläche der Fontanelle eine große positive Korrelation mit der Geschwindigkeit des Kopfwachstums aufweist. Bei einer großen Fontanellenfläche zeigte sich eine deutlich und statistisch signifikant schnellere KU-Zunahme, als bei kleineren Öffnungsflächen [Abbildung 10]. Wir stellten fest, dass sich die Fontanelle indirekt proportional zum Alter des Patienten verhält. Je jünger ein Säugling ist, desto größer ist auch seine Fontanelle. Dies bedeutet dann im Umkehrschluss, dass junge Patienten ein schnelleres Kopfwachstum aufweisen. Allerdings gibt es eine sehr große Streuung, was den Zeitpunkt des Verschlusses der großen Fontanelle betrifft. Dies kann zwischen dem 4. und 26. Lebensmonat geschehen (89). Daher haben gleichaltrige Kinder nicht automatisch die gleiche Fontanellenfläche und damit auch nicht die gleiche Wachstumsgeschwindigkeit des Kopfes.

Bezogen auf unsere beiden Kohorten konnten wir die Daten wie folgt analysieren: Die Regressionsanalyse zeigte einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Kopfumfangszunahme und der Fontanellengröße. Dieser bestand aber nur, bis man das Alter als weiteren Einflussfaktor für die Berechnungen mit einschloss. Bei der multiplen Regressionsanalyse ist der Einfluss des Alters so stark, dass die Fontanellengröße im Vergleich dazu als untergeordnet erscheint. Der Einfluss der großen Fontanelle kann und darf aber nicht übersehen werden. Bei einer großen Fläche ( $\geq 15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ ) ist ein schnelles Kopfwachstum noch zu erwarten. Mit der schnellen KU-Zunahme ist eine spontane Harmonisierung der Kopfform ohne eine Kranioorthese wahrscheinlich.

Somit folgern wir, dass die Fläche der vorderen Fontanelle – bei neurologisch unauffälligen Kindern – als wichtiger Parameter bei der Entscheidungsfindung zur richtigen Therapiestrategie eines lagerungsbedingten Plagiocephalus zu sehen ist. Ein derartiger Zusammenhang findet sich in der Literatur bisher nicht. Dies bedeutet, dass wir bei Kindern, welche im Alter von 6 Monaten eine erhebliche lagebedingte Plagiocephalie (DD 1,0 – 1,4 cm) aufweisen und deren Fontanelle  $\leq 0,5 \text{ mm} \times 0,5 \text{ mm}$  ist, mit einer effektiven Wirkung der Helmtherapie rechnen können. Unsere Daten zeigen einen eindeutigen Vorteil für diese Patientengruppe und somit ergibt sich aus der Größe der vorderen Fontanelle ein weiteres Entscheidungskriterium für oder gegen einen Helm. Dies spielt insbesondere deshalb eine wichtige Rolle, da durch dieses Kriterium viele Kinder als potentielle Kandidaten für einen Helm herausfallen. Im Umkehrschluss ergibt sich ein valider Baustein, der möglicherweise dazu beiträgt, diese Therapie gegenüber den Krankenkassen zu rechtfertigen.

---

#### 4.5 Unterschiede zwischen den Kohorten

Im Vergleich der beiden Kohorten zeigte sich eine deutlich schnellere und stärkere Abnahme der Differenz zwischen den gemessenen Diagonalen während der Helmtherapie gegenüber den Patienten ohne Orthese. Die Diagonalendifferenz-Änderung betrug in der Helmgruppe fast doppelt so große Werte wie in der Referenzgruppe. Dies erfolgte trotz deutlich langsamerer KU-Zunahme bei den Helm-Patienten. Zusätzlich zeigten die Analysen, dass es keinen statistisch relevanten Zusammenhang zwischen der KU-Zunahme und der DD-Änderung in der Helmgruppe gab. Dies bedeutet unserer Meinung nach,

dass die dynamischen Kranioorthesen bei schweren Deformitäten, auch ohne schnelles Kopfwachstum, hervorragende Ergebnisse erzielen können.

Diese Effektivität bei schweren Asymmetrien wurde bereits vielfach veröffentlicht. Einige Autoren wie Lipira A. B. (2010), Dorhage K. W. (2016) und Kluba S. (2011 und 2014) schlossen auch milde Deformitäten in die Gruppe der Helmtherapie mit ein (40, 54, 58, 63). Graham J. M. (2005), Yoo H. S. (2012) und andere sahen die Indikation für eine Helmtherapie erst bei einer Diagonalendifferenz von 1,0 cm (56, 61). Momentan herrscht auf Grund fehlender Evidenz Uneinigkeit bezüglich des Asymmetriegrades, ab welchem eine Kranioorthese verschrieben werden soll. Das Hauptaugenmerk der bisher veröffentlichten Studien lag lediglich auf der Effektivität des Helmes. Hier sind sich die oben genannten Autoren auch einig. Die Kohorten mit einer Kranioorthese schafften in diesen Studien stets ein schnelleres und besseres Resultat bezüglich der Kopfasymmetrie. Jedoch wurde noch nicht ausführlich über einen Grenzwert der Asymmetrie für die Verschreibung des Helmes geforscht. Um solche Studien durchzuführen, fehlen wahrscheinlich die finanziellen Mittel, da vielen Patienten, auch ohne klare Indikation, eine Orthese angefertigt werden müsste. Zusätzlich müssten Patienten auf die vermeintlich schnellere und effektivere Therapie verzichten. Die Leidtragenden dieser Debatte sind allerdings die Patienten, da sich die finanzielle Unterstützung durch die Krankenkassen immer wieder als problematisch erweist. Wird die Indikation für eine Helmtherapie nicht genauer geregelt, werden sich die Krankenkassen weiterhin weigern, die Finanzierung zu übernehmen. Unserer Meinung nach muss man die einzelnen Asymmetriegruppen einzeln betrachten und für jede das optimale Therapieschema finden. Dafür müssen die äußeren und inneren Einflussfaktoren, welche ein harmonisches Kopfwachstum beeinflussen generiert werden. Die Daten unserer Studie untermauern erstmals, dass bei einer milden Asymmetrie (DD 1,0 – 1,4 cm) und einer weit geöffneten Fontanelle (>15 mm x 15 mm) eine spontane Verbesserung der Asymmetrie ohne Kranioorthese zu erwarten ist. Patienten, bei denen die Fontanelle klein ( $\leq 5$  mm x 5 mm) und die Abflachung relevant (DD  $\geq 1,0$  cm) ist, erzielen dagegen nur durch die Helmtherapie ein deutliches Remodelling.

---

#### 4.6 Kopfveränderungen in Abhängigkeit von der Therapiewahl bei Kleiner Fontanelle

Es finden sich zahlreiche Publikationen wie die von Saeed N. R. (2008), Lipira A. P., (2010) oder Ho J. P. (2016), welche verschiedene Therapieoptionen vergleichen. In der Regel wird dabei eine Therapie mittels Orthese einer weniger invasiven Möglichkeit gegenübergestellt. Die oben genannten Autoren beschreiben eine deutlich kürzere Therapiedauer und symmetrischere Ergebnisse (33, 40, 90). Wir wollten herausfinden, bei welchen Patienten eine Kranioorthese gegenüber reinen Lagerungstechniken den größten Nutzen hat. Dazu verglichen wir die Patienten der beiden Kohorten mit dem Fontanellevel „klein“. Diese Analyse betrachtete alle Kinder mit geschlossener oder fast geschlossener Fontanelle. Das Alter spielte dabei keine Rolle. Es zeigte sich ein ähnlich langsames Kopfwachstum in beiden Gruppen (0,45 cm/Mo ohne Helm und 0,53 cm/Mo mit Helm). Das verhältnismäßig langsame Wachstum erklären wir uns durch die vermehrte Festigkeit des Schädels bei nahezu geschlossener Fontanelle.

Die Änderung der Diagonalendifferenz pro Monat in der Helmgruppe präsentierte sich jedoch fast viermal stärker als in der Referenzkohorte (-0,23 cm/Mo zu -0,06 cm/Mo). Es wird klar, dass das fehlende rasche Kopfwachstum bei einer sehr kleinen Fontanelle eine zügige Abnahme der Asymmetrie nicht gewährleisten kann. Wenn man jedoch eine Koporthese verwendet, wird dieses Wachstum offensichtlich nicht benötigt und man verhilft dem verformten Schädel zu der Möglichkeit, sich zu normalisieren. Somit scheint auch die passive Modellierung eine Rolle in Hinblick auf den Therapieerfolg zu spielen. Hierzu fehlen jedoch bisher entsprechende Untersuchungen.

Wir konnten erstmalig zeigen, dass bei Patienten mit einer kleinen Öffnungsfläche der Fontanelle eine dynamische Kranioorthese den anderen Therapiemöglichkeiten deutlich überlegen ist.

Daher lautet unsere klare Empfehlung, bei Patienten mit einer milden Asymmetrie die Fontanellengröße zu begutachten. Wenn diese ausreichend groß ist (Fläche >15 mm x 15 mm), sollte ein spontaner Verlauf abgewartet werden, da bei einem schnellen Wachstum die spontane Verbesserung der Plagiocephalie möglich erscheint.

Damit sehen wir unsere Hypothese als bestätigt. Dieser Zusammenhang wurde laut aktueller Literatur bisher nicht gesehen und erstmals in dieser Arbeit beschrieben.

---

#### 4.7 Unterschiede vor und während der Helmtherapie

Vles J. (2000) verglich ebenfalls die Veränderungen mit und ohne Helm. Er beschrieb die Helmtherapie als effektivere Therapieoption. Die Verbesserung in der Helmgruppe wäre „schneller“ und „besser“ als in der Nicht-Helm Gruppe gewesen (64). Dorhage K. W. et al. (2010) fordern die Therapie mittels Orthese bei ausbleibender Besserung im Alter von 5 Monaten (34).

Die Veränderungen am Kopf durch eine Kranioorthese waren auch in unserer prospektiven Beobachtungsstudie deutlich. Ehe ein Säugling einen Helm rezeptiert bekommen hatte, nahm seine Deformität im Durchschnitt zu und der Kopf wuchs ähnlich schnell wie in der Referenzgruppe. Bei einer Verschlechterung der Asymmetrie in den ersten Wochen einer bestehenden Lagerungs- und Physiotherapie war in der Mehrzahl der Fälle im weiteren Krankheitsverlauf die Verschreibung eines Helmes nötig [Tabelle 9]. Während der Helmtherapie dagegen wurde eine sehr schnelle und starke Abnahme der Diagonalendifferenz erfasst. Damit präsentierte sich diese Behandlungsform effektiver als die anderen konservativen Möglichkeiten ohne Helm. Daraus konnten wir wie Dorhage K. W. schließen, dass in den Fällen, bei denen die üblichen Therapieansätze keinen positiven Effekt erzeugen, nachdrücklich an eine Helmtherapie zu denken ist. Um den idealen Zeitpunkt für den Therapiestart nicht zu verpassen, müssen sich die Familien jedoch rechtzeitig in den Spezialambulanzen vorstellen. Dafür wiederum ist eine gründliche Schulung der niedergelassenen Kinderärzte essenziell (84).

Verwunderlich waren die Veränderungen der KU-Zunahmen in der Helmgruppe, die wahrscheinlich durch den Einsatz der Orthesen verursacht wurden. Vor der Verwendung der Kranioorthese wuchsen die Köpfe ähnlich schnell wie bei den gleichaltrigen Kindern in der Referenzgruppe. Nach dem Beginn der Helmtherapie wurde ein halb so schnelles und damit wesentlich langsames Wachstum der Köpfe dokumentiert. Bisher wurde beschrieben, dass eine Kopforthese das Kopfwachstum nicht beeinflusse. Kelly K. M. (1999) zeigte, dass die Kopfumfangsperzentilen während der Therapie durchschnittlich im Normbereich bleiben und dass es weiterhin zu einem signifikanten Wachstum des Kopfes kommt (51). In unserer Arbeit bleiben die KU-Perzentilen durchschnittlich im Normbereich und es kommt ebenfalls zu einer relevanten Größenzunahme der Köpfe in der Helmgruppe. Jedoch verläuft die Größenzunahme deutlich langsamer. Bei 29 von unseren 30 Helmpatienten kam es zu einem Abfall der Perzentilen und bei 3 Kindern beobachteten wir sogar einen deutlichen negativen Perzentilensprung. Neurologische

Veränderungen oder andere Besonderheiten wurden in diesem Zeitintervall nicht registriert. Diese Thematik gilt es, in folgenden Studien unbedingt weiter zu untersuchen. Die wichtigste Frage ist dabei, ob das fehlende Wachstum während der Helmtherapie im Anschluss wieder aufgeholt wird. Bisher gibt es nur Arbeiten, welche die Langzeitwirkung der Kranioorthese bezüglich der Asymmetrie analysierten (65, 66). Möglicherweise liegt hierin jedoch der Effekt der Helmtherapie als Maßnahme der passiven Umformung des Kopfes begründet. Die Orthese verhindert ein Wachstum weiter in die Asymmetrie hinein. Hingegen wächst der Kopf in den Freiraum des Helmes und dadurch nimmt das Hirnvolumen zwar zu, der Kopfumfang bzw. das Wachstum des Kopfumfanges pro Zeit nimmt ab. Dies könnte im Rahmen einer volumetrischen Verlaufsstudie mittels z.B. Photoscan-Verfahren evaluiert werden.

---

#### **4.8 Unterschiede in der Therapie-Effektivität mit und ohne Kranioorthese**

In dieser Studie ließ sich die Effektivität der verschiedenen Therapieoptionen nicht optimal vergleichen, da eine dynamische Kranioorthese nur bei deutlich stärkerer Asymmetrie verschrieben wurde. Die Lagerungstechniken und die Physiotherapie dagegen wurden jedem Patienten empfohlen. Somit lassen sich die einzelnen therapeutischen Optionen nicht differenziert bewerten. Wir konnten nur eine Aussage über den Nutzen einer zusätzlichen Helmtherapie bei schweren Ausprägungen der Deformität treffen.

Es zeigt sich, dass die Resultate in beiden Kohorten sehr ähnlich ausfallen. Ein Endergebnis mit dem Asymmetriegrad 1 bedeutet eine lediglich milde verbleibende Deformität. Damit stimmen wir mit der allgemeinen Meinung der aktuellen Literatur überein. Bei schweren lagerungsbedingten Verschiebungen des kindlichen Schädels bewirkt die Helmtherapie sehr gute Ergebnisse, welche von anderen Therapiemöglichkeiten nur bei milden Ausprägungen erreicht werden (35, 49). Eine genaue Angabe der optimalen Therapiedauer mittels Kranioorthese gibt es bisher nicht. Während die Autoren Laughlin J. (2011) und Graham J. M. (2005) circa 3 Monate Tragezeit empfehlen, da sich in ihren Studien danach kein signifikanter Erfolg mehr zeigte, schreiben Saeed N. R. (2008), Couture D. E. (2013) und Govaert B. (2008), dass man den Helm bis zu dem gewünschten kosmetischen Ziel tragen sollte. Dies sind meistens sechs oder mehr Monate. Bei länge-

ren Tragezeiten kann es dazu kommen, dass ein zweiter Helm verschrieben werden muss, was die Kosten erneut in die Höhe treibt (33, 35, 52, 56, 91).

Wir empfehlen auf Grund eigener Erfahrungen über 14 Jahren eine Tragezeit von 6 Monaten. Dabei sollte in den ersten 3 Monaten der Helm 23 Stunden pro Tag getragen werden. In der zweiten Hälfte der Therapiedauer muss die Orthese dann nur noch für die nächtlichen Stunden getragen werden. Sollte die nicht ausreichen, um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erhalten kann die Tragezeit eventuell noch verlängert werden. Um die Mehrkosten aufgrund eines neuen Helms zu umgehen, wurde die Innenseite der Orthese mit einer speziellen Polsterung (Plastazote) ausgestattet. Dieses lässt sich bei Bedarf abschleifen und somit dem Kopfwachstum anpassen. Bei einer raschen Verbesserung kann die Therapie aber auch frühzeitig beendet werden. Die Therapiedauer mit Helm beträgt in dieser Arbeit im Durchschnitt 6,2 Monate und ist damit etwas länger als bei den anderen Möglichkeiten. Es muss aber betont werden, dass die Kinder in der Helmgruppe einen signifikant gravierenderen Befund als die Kinder der Referenzgruppe aufwiesen und trotzdem auf ähnlich gute Endresultate kamen. Dies erklärt auch die deutlich stärker absolute DD-Änderung in der Helmgruppe.

---

#### 4.9 Neues Therapiekonzept

Aus diesen Ergebnissen konnten wir einen neuen Therapiealgorithmus zur Behandlung des relevanten ( $DD \geq 1,0$  cm) Plagiocephalus erarbeiten. Als Basis wurden die bereits geltenden Richtlinien der Fachliteratur mitverwendet. Hier sind v.a. die Publikationen von Saeed N. R. (2008), Doerhage D. K. (2010), Flannery A. B. (2012) und Tamber M. S. (2016) zu nennen, welche über die Aufklärung und Prophylaxe bei allen neugeborenen Kindern, die reine lagerungstechnische und physiotherapeutische Behandlung bei geringgradigen Asymmetrien und die zusätzliche Helmtherapie bei schweren Deformitäten schrieben (33, 34, 46, 92). Der wichtigste Unterschied zu allen bisherigen Therapieplänen ist die Berücksichtigung der Fontanellengröße bei moderaten Asymmetrien. Bei diesem Deformitätsgrad gibt es noch keine einheitliche Meinung bezüglich der optimalen Behandlungsstrategie. Entweder wurden diese Säuglinge zunächst engmaschig kontrolliert und erhielten im Verlauf, bei einer fehlenden Verbesserung, die Empfehlung zu einer Orthesentherapie. Dadurch vergeht jedoch viel sinnvolle und wichtige Zeit für eine

Helmtherapie. Oder es wurden pauschal Helme für Kinder mit moderater Asymmetrie verschrieben. Aber auch das halten wir nicht für sinnvoll, da die hohen Kosten oft vermieden werden könnten. Wenn man den Einfluss der Fontanelle betrachtet, kann man unserer Meinung nach dieses Patientenkollektiv sinnvoll in eine Helmgruppe und eine Nicht-Helmgruppe aufteilen [Abbildung 15 und Anhang 3].

Wir möchten dadurch die richtige Nutzung der Ressourcen mit möglichst geringen Kosten für ein gutes Therapieergebnis gewährleisten. Natürlich müssen die Patienten ohne Helm mit einer Diagonalendifferenz zwischen 1,0 cm und 1,4 cm trotzdem regelmäßig gesehen werden. Dadurch kann eine eventuelle Verschlechterung der Asymmetrie oder Schließung der Fontanelle frühzeitig erkannt werden, um anschließend gegebenenfalls doch noch eine Kraniorthese zu verschreiben. Die „Helmkinder“ sollten regelmäßig zur Kontrolle der Orthese gesehen werden, um mögliche Komplikationen wie Druckstellen rechtzeitig zu erkennen und zu behandeln. Gleichzeitig muss die Passform der Helme kontrolliert werden. Bei einer milden Asymmetrie ist nach anfänglicher Verbesserung eine frühe Wiedervorstellung nicht notwendig, da es bei konsequenter Fortführung der Behandlung nicht mehr zu Verschlechterungen kommen sollte. Um die Kapazitäten der Spezialambulanzen nicht zu blockieren, sollten die Kontrollen beim Pädiater in der Praxis stattfinden. Es sollte lediglich eine abschließende Untersuchung beim Spezialisten im Alter von circa 10 Monaten, nach der zuvor beobachteten Asymmetrieverbesserung, erfolgen. Bei jeglichen Problemen ist eine frühere Wiedervorstellung natürlich jederzeit möglich.

Einschränkend müssen wir konstatieren, dass die Stichprobe für die Patienten in der Kategorie der milden Asymmetrie nicht sehr groß war.

---

#### **4.10 Schwächen der Arbeit**

Trotz der großen Stichprobe mit fast 100 Patienten, von denen 30 mit einer Kraniorthese behandelt wurden, gibt es dennoch Schwächen.

Ein wichtiger Aspekt ist die mangelnde Überprüfung der Compliance bei den Familien. Wir konnten nicht verifizieren, wie weit den Therapieempfehlungen auch Folge geleistet wurde. Wir mussten uns ausschließlich mit der Aussage der Erziehungsberechtigten

zufriedengeben. Zusätzlich wurden die Patienten nicht randomisiert, was aber im Alltag einer Elektivambulanz und aus ethischen Gründen kaum möglich gewesen wäre.

Auch die Fallzahl ist nicht optimal. Mit 98 Teilnehmern ist die Gesamtheit relativ groß, aber sobald man die Säuglinge in die verschiedenen Therapiegruppen, Altersklassen oder Fontanellen-Level einteilt, ergeben sich teilweise nur sehr kleine Stichproben. Trotz signifikanter Berechnungen darf man die Ergebnisse noch nicht pauschalisieren. Diese Studie dient primär der Orientierung in eine neue Richtung. Wir möchten hiermit anregen, weitere Studien zu diesem Thema durchzuführen. Auch um diese neuen Erkenntnisse zu bestätigen.

---

#### 4.11 Ausblick

Die Verwendung einer dynamischen Kopforthese wird insbesondere in der neuropädiatrischen Literatur kontrovers diskutiert. Mit unseren Daten konnten wir einen weiteren Mosaikstein in die Entscheidungsfindung für oder gegen eine Orthese einbringen. Diese Daten sollten Anreiz für weitere Studien mit randomisierten Patientenkollektiven und größerer Fallzahl sein.

Auch die Veränderungen des Kopfwachstums durch eine Helmtherapie stellen einen weiteren Aufklärungspunkt dar. Hierfür werden vor allem Langzeitverläufe nötig sein, um die Auswirkungen der Behandlung auf den Kopf im weiteren Verlauf festzustellen.

Für die Entwicklung geeigneter Leitlinien für die Therapie des lagerungsbedingten Plagiocephalus fehlen jedoch randomisierte Studien. Die Durchführbarkeit solcher Projekte ist aber ethisch fraglich, da eine bleibende Schädelasymmetrie schwerwiegende Folgen für das Kind haben kann und eine nachträgliche Verbesserung nicht zu erwarten ist. Eine Möglichkeit für die Umgehung dieser Problematik sind Studien, welche ein Kollektiv erst Jahre nach der Therapie untersucht.

---

## 5 Zusammenfassung

Der lagerungsbedingte Plagiocephalus ist eine sekundäre, nicht-synostotische Schädeldeformität mit Ursprung im frühen Säuglingsalter. Hierbei kommt es durch dauerhafte, lokal begrenzte äußere Krafteinwirkungen auf die noch verformbaren Schädelplatten des jungen Säuglings zu einer Kopfasymmetrie (4, 5). Die charakteristische Kopfform ähnelt dabei, von oben auf das Köpfchen blickend, einem Parallelogramm und wird anhand der Ausprägung klinisch in fünf Typen mit zunehmendem Schweregrad nach der „Argenta-Klassifikation“ eingestuft. Diese beschreibt bei Typ I lediglich eine einseitige occipitale Abflachung („posterior flattening“). Ab Typ II kommt es zusätzlich zur Verschiebung des ipsilateralen Ohres nach vorne und/oder unten. Eine Verschiebung der Stirnregion mit einem ipsilateralen „frontal bossing“ beobachtet man in Typ III. Bei Typ IV kommt es des Weiteren zu einer Gesichtasymmetrie (sog. „Gesichtsskoliose“) und Patienten mit Typ V Plagiocephalus zeigen ein abnormales temporales oder vertikales Kopfwachstum (4, 6).

Als wichtigste Ursache hierfür wird die Rückenlage in den ersten Lebensmonaten gesehen. Diese wird international als optimale Schlafposition zur Prävention des plötzlichen Kindstodes (SIDS) empfohlen. Seit dieser Empfehlung hat sich die Anzahl der lagerungsbedingten „Schiefköpfe“ in den letzten Jahren vervielfacht (8, 9). Als Risikofaktoren für die Entwicklung dieser sekundären Kopfdeformität werden unter anderem das männliche Geschlecht, Frühgeburtlichkeit, Mehrlingsschwangerschaften, Erstgebärende, abnormale Geburtslagen und Geburtstraumata und deren daraus folgende Komplikationen, wie muskuloskelettale Dysbalancen, in der Literatur aufgeführt (8, 13, 17, 21, 22). Die Diagnosestellung erfolgt rein klinisch. Dazu wird zur Quantifizierung der Asymmetrie bei Säuglingen im Alter zwischen dem vierten und dem sechsten Lebensmonat der Kopfumfang, der Längs- und Querdurchmesser, so wie die beiden transkraniellen Diagonalen mit ihrer Differenz bestimmt. Die Erhebung der Maße kann äquivalent manuell mit der Hilfe eines Kephalometers und eines Maßbandes oder einem computergestützten 3D-Laserscanner erfolgen (25, 27-29).

Neben den Lagerungsmaßnahmen, welche die Eltern zu Hause durchführen, spielen die Krankengymnastik und/oder manuelle Therapie, sowie die Behandlung mittels dynamischer Kraniorthese eine Rolle in der Therapie der Plagiocephalie. Eine chirurgische Intervention ist bei diesen Deformitäten nicht indiziert.

Die Therapieempfehlungen zur Behandlung des lagerungsbedingten Plagiocephalus sind uneinheitlich und aktuell extrem von der Erfahrung und dem Betätigungsfeld des jeweils behandelnden Arztes abhängig. Vor allem für den Einsatz der Helmtherapie existieren bisher keine evidenzbasierten Kriterien. Grundlage einer patientenzentrierten Behandlung des lagerungsbedingten Plagiocephalus sollte immer eine Lagerungs- und Physiotherapie darstellen. Je nach Alter des Kindes und Schweregrad bzw. Persistenz der Asymmetrie, wird die Therapie mittels dynamischer Kranioorthese empfohlen (37-39). Folgen einer nicht behandelten lagerungsbedingten Plagiocephalie können stark variieren. Bei ca. 10% der Kinder persistieren bis in das Schulkindalter hinein mittelgradige bis deutliche Asymmetrien, welche zu psychischen, psychosozialen, kieferorthopädischen und auditiven Störungen führen können. Der Zusammenhang mit einer Entwicklungsretardierung konnte bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden (25, 70, 71, 74).

Ziel dieser prospektiven Studie ist die Verdeutlichung von Möglichkeiten zur verbesserten und gezielteren Nutzung der Ressourcen (Lagerungsmaßnahmen, Physiotherapie und Wachstumslenkung mittels dynamischer Kranioorthese) bei der Therapie des lagerungsbedingten Plagiocephalus. Neu ist, dass das Hauptaugenmerk in dieser Arbeit vor allem auf der Öffnungsfläche der großen, vorderen Fontanelle liegt.

Unsere Hypothesen:

1. Bei einer milden Asymmetrie und einer großen Fontanellenfläche ist eine spontane Verbesserung der Asymmetrie ohne Kranioorthese zu erwarten.
2. Patienten, bei denen die Fontanellenfläche klein und die Abflachung relevant ist, werden durch die Helmtherapie ein besseres Remodelling erzielen.

Die Daten wurden in den Spezialsprechstunden der Kinderchirurgischen Klinik des Dr. von Haunerschen Kinderspitals in München und der Kinderchirurgischen Klinik des Zentralklinikums Augsburg erhoben.

Einschlusskriterien für die Patienten dieser prospektive Beobachtungsstudie waren ein einseitig betonter lagerungsbedingter Plagiocephalus ab einer Diagonalendifferenz von 0,5 cm und einem Schweregrad von mindestens Typ II nach der Argenta Klassifikation. Die Vorstellung erfolgte im Zeitraum von August 2015 bis Dezember 2016 im Alter von

4 bis 15 Monaten. Ausschlusskriterien waren alle Formen von Nahtsynostosen, syndromale Kopfdeformitäten, rein brachycephale Schädeldeformitäten und neurologische Erkrankungen (z.B. Hydrocephalus), die eine Objektivität der Gruppen beeinflusst hätten. Die Schwangerschaftswoche, der Geburtsmodus, das Alter bei der Erstvorstellung, sowie die Herkunft spielten als Ein- oder Ausschlusskriterien keine Rolle.

Es wurde ein einheitlicher Anamnesebogen zu Erfassung aller relevanten Daten der Erstuntersuchung des Kindes nach der Geburt (U1), der Familiengeschichte, der Kindesentwicklung und der bisherigen Maßnahmen entworfen. Zusätzlich dokumentierten wir eine mögliche Vorzugshaltung, weitere Erkrankungen, regelmäßige Medikamenteneinnahmen oder Entwicklungsverzögerungen. Der eigens entwickelte Verlaufsbogen, welcher bei jeder einzelnen Vorstellung ausgefüllt wurde, beinhaltete das Alter, die Vorstellungshäufigkeit, die komplette Vermessung einschließlich der Fontanellenlänge und -breite und die Schweregradeinteilung des Patienten. Zusätzlich wurde das Rotationsvermögen der HWS gemessen und dokumentiert. Aus diesen Messdaten wurden der Cranial Index (CI), der Cranial Vault Asymmetry Index (CVAI), die Fontanellenfläche und ein Rotationsdefizit berechnet. Die Kinder wurden an beiden Standorten nach dem selben einheitlichen Therapieplan behandelt [Abbildung 6]. Die Asymmetrie und die Fontanellenfläche wurden in jeweils drei Stufen eingeteilt [Tabelle 1, 2]. Für die Auswertung wurden die Patienten in eine Kontroll- und eine Helmgruppe aufgeteilt. Zunächst erfolgte der Vergleich der Werte aus der Neugeborenenuntersuchung. Anschließend wurde untersucht, ob die Kopfumfangs-Zunahme, das Alter des Patienten, die Fontanellengröße oder ein bestehendes Rotationsdefizit in der Halswirbelsäule sich direkt oder indirekt auf die transkraniale Diagonalendifferenz auswirkt.

Ein zentraler Bestandteil war ebenso die Suche nach Unterschieden zwischen der Gruppe der Helmpatienten und derer ohne einer Kranioorthesentherapie. Die Kontrollgruppe bestand aus den Patienten ohne Helmtherapie. In die Helmgruppe kamen die Kinder, welche im Verlauf des Beobachtungszeitraumes mit einer Kranioorthese behandelt wurden. Durch die Gruppenbildung konnte in der Kontrollgruppe die Änderung der Kopfform ohne von außen wirkende Kräfte beobachtet werden. Im Verlauf wurde analysiert, ob einer der untersuchten Parameter ein möglicher prognostischer Faktor für die weitere Entwicklung der Kopfasymmetrie und damit ein prädiktiver Indikator für oder gegen den Einsatz einer Kranioorthese ist. Um bei den Berechnungen die statistische Power zu verstärken, wurden die einzelnen Vorstellungen der Patienten mit den ermittelten Verlaufsparametern als eigene Wertepaare verwendet. Dadurch unterschei-

den sich in den jeweiligen Berechnungen die Patientenzahl von der Fallzahl. Abschließend wurde anhand der Daten ein neues Therapiekonzept für Patienten mit lagerungsbedingter Plagiocephalie entwickelt.

### Ergebnisse:

Insgesamt erfüllten 98 Kinder die Einschlusskriterien dieser prospektiven Beobachtungsstudie. 68 Patienten bildeten die Kontrollgruppe und wurden ohne Helm therapiert. 30 Patienten wurden mit Kranioorthese behandelt und bildeten die Helmgruppe. Von den Patienten waren insgesamt 68,4% Jungen. Die Daten der U1 zeigten in den beiden Kohorten keine signifikanten Unterschiede. Auffällig waren aber die hohen Zwillingsquoten in der Kontroll- (16,13%) und Helmgruppe (14,29%), die damit deutlich über dem deutschlandweiten Durchschnitt liegen. Dadurch lassen sich die Risikofaktoren „männliches Geschlecht“ und „Mehrlingsschwangerschaft“ bestätigen. Jedoch ließ das Vorliegen der Risikofaktoren bei der U1 keine Aussage über den späteren Schweregrad der Deformität zu.

Die Kinder wurden mit durchschnittlich 5,74 Lebensmonaten vorstellig. Dies ist in unseren Augen ein zu später Zeitpunkt, um eine optimale Therapie zu gewährleisten. In der Analyse der Einflussfaktoren auf die Diagonalendferenz-Änderung untersuchten wir das Alter des Patienten, die Fontanellengröße, das Rotationsvermögen in der HWS und die Kopfumfangs-Zunahme pro Monat. Dies erfolgte mittels Korrelations- und Regressionsanalysen zunächst nur in der Referenzgruppe, damit der äußerliche Einfluss der Kranioorthese die Ergebnisse nicht verfälschen konnte. Ausschließlich bei der Kopfumfangs-Zunahme stellten wir einen signifikanten ( $p < 0,05$ ) positiven Effekt fest. Der berechnete Korrelationskoeffizient ( $r = -0,223$ ) bestätigte unseren klinischen Eindruck. Je schneller der Kopf wächst, desto schneller verkleinert sich die Diagonalendferenz. Und somit harmonisiert sich die Form. In den nächsten Schritten wurden Faktoren detektiert, welche die Geschwindigkeit des Kopfwachstums beeinflussen. Hier sind in erster Linie das Alter des Kindes und die Größe der Fontanellenfläche zu nennen. Es zeigte sich erstmals im Zusammenhang mit der Therapie der lagerungsbedingten Plagiocephalie ein sehr signifikanter ( $p = 0,008$ ) und positiver ( $r = 0,256$ ) Zusammenhang zwischen der Fontanellengröße und dem Kopfwachstum [Abbildung 10]. Das schnelle Wachstum wiederum ist ganz entscheidend für die Reduzierung der Diagonalendferenz. Die identische Analyse erfolgte in der Helmgruppe. Bei der Korrelation zwischen Kopfumfangs-Zunahme und Diagonalendferenz-Änderung zeigten sich ähnliche Werte, die allerdings nicht signifikant ( $p = 0,238$ ) waren. Hervorzuheben ist, dass in der Gruppe der Helmpati-

enten die Diagonalendifferenz als Parameter der Effektivität dieser Therapie signifikant geringer wurde ( $p < 0,001$ ). Dem gegenüber war das Kopfwachstum seit der Helmverschreibung durchschnittlich auffallend langsamer als in der Gruppe ohne Helm ( $p < 0,001$ ). Zur Kontrolle dieser Beobachtungen verglichen wir den Einfluss der Therapiewahl bei Patienten mit einer kleinen oder geschlossenen Fontanelle. Trotz annähernd gleichen Kopfwachstums ( $p = 0,395$ ) konnte in der Helmgruppe eine signifikant stärkere Reduktion der Diagonalendifferenz ( $p = 0,001$ ) festgestellt werden. Das zeigt, dass die starken Verbesserungen bei der Helmtherapie unabhängig vom schnellen Wachstum des Kopfes sind.

Dies bedeutet, dass die Fontanellengröße mit der damit verbundenen potentiell akzelebrierten Kopfumfangs-Zunahme bei mittelschweren Deformitäten essenziell für die Wahl der besten Therapieoption ist. Bei korrekter Indikationsstellung sollten die Kinder, welche eine Diagonalendifferenz  $\geq 1,0$  cm aufweisen und zum Zeitpunkt der Indikationsstellung (5. - 9. Lebensmonat) eine kleine Fontanelle ( $\leq 5$  mm x 5 mm) aufweisen, eine Therapie mittels dynamischer Kranioorthese erhalten. Bei allen anderen Kindern mit einer Diagonalendifferenz  $< 1,5$  cm kann zunächst darauf verzichtet werden.

Zusätzlich konnten wir herausarbeiten, dass die Helmtherapie auch bei langsamem Kopfwachstum gute Ergebnisse erzielen kann [Abbildung 13 und 14]. Dazu wurden in beiden Gruppen die Patienten mit kleiner Fontanellenfläche verglichen. Bei annähernd gleichem Kopfwachstum ( $p = 0,395$ ) zeigte sich in der Helmgruppe eine wesentlich bessere Harmonisierung der Kopfform ( $p = 0,001$ ). Durch diese Erkenntnisse konnten wir das neue Therapiekonzept [Abbildung 15] entwickeln.

### Vorgehen:

Unserer Meinung nach sollten bereits die Kinderärzte die Eltern über Lagerungsmöglichkeiten aufklären. Sollte die Deformität entsprechend ausgeprägt sein, so sollte aus der Kinderarztpraxis heraus eine Physiotherapie verordnet und auf die Kopfwachstumsgeschwindigkeit pro Monat geachtet werden.

Je langsamer diese ist, desto eher werden weitere Therapieschritte notwendig sein.

Im Alter von 6 bis 9 Monaten ist eine Kopfumfangs-Zunahme von 0,7cm/Monat zu erwarten. Zu betonen ist, dass die Kinder dennoch mit circa vier Monaten bei einem kinderchirurgischen bzw. kinderneurochirurgischen Spezialisten vorstellig werden sollten, um eine Verzögerung bei der weiteren Diagnostik und Einleitung therapeutischer Maßnahmen zu vermeiden. Dies betrifft vor allem die Verschreibung einer Kranioorthese,

welche bei Patienten mit schweren Deformitäten ( $DD \geq 1,5$  cm) unabhängig anderer Faktoren und bei Patienten mit mittelschwerer Deformität ( $DD 1,0 - 1,4$  cm) und zusätzlich kleiner Fontanelle ( $\leq 5$  mm x 5 mm) oder mangelnder Verbesserung indiziert ist. In diesen schweren Fällen ist eine Verbesserung der Asymmetrie ohne von außen wirkenden Kräften nicht zu erwarten.

Im Gegensatz dazu sollte bei mittelschweren Deformitäten und keiner kleinen Fontanelle (Fläche  $>5$  mm x 5 mm) zunächst der spontane Verlauf abgewartet werden. Wenn es bei den regelmäßigen Verlaufsuntersuchungen im Abstand von 6 Wochen keine Tendenz zur Harmonisierung der Kopfform gibt, sehen wir hier ebenfalls die Indikation für eine Kraniorthese.

Abschließend lässt sich sagen, dass unsere beiden Hypothesen bestätigt wurden. Es ließ sich signifikant nachweisen, dass bei einer milden Asymmetrie ( $1,0 - 1,4$  cm) und einer nicht kleinen Fontanelle (Fläche  $>5$  mm x 5 mm) eine spontane Verbesserung der Asymmetrie ohne Kraniorthese zu erwarten ist, da hier ein schnelles Kopfwachstum vorliegt. Wir konnten zeigen, dass es mittels Lagerungs- und Physiotherapie zu einer spontanen Besserung der Asymmetrie kommt. Daher stellt aus unserer Sicht die Therapie mittels dynamischer Kraniorthese in der Gruppe der milden Asymmetrie und großen Fontanellenfläche keine Option dar.

Auf der anderen Seite zeigen unsere Ergebnisse signifikant, dass bei der gleichen Ausprägung der Asymmetrie aber einer kleinen Fontanelle ( $\leq 5$  mm x 5 mm), durch die Helmtherapie eine signifikant größere Asymmetrieverbesserung zu erzielen ist. Der Grund hierfür liegt darin, dass diese Therapievariante im Gegensatz zu den restlichen Möglichkeiten nicht auf ein schnelles Kopfwachstum angewiesen ist.

Somit konnten wir erstmals zeigen, dass die Größe der Fontanellenfläche ein zentraler Bestandteil der Therapieentscheidung beim lagerungsbedingten Plagiocephalus darstellt. Durch diese Erkenntnis können die therapeutischen Ressourcen optimal auf den Patienten abgestimmt werden.

Auch liegt hiermit ein weiterer Parameter bei der Indikationsstellung für eine Kraniorthese vor, um die finanziellen Ressourcen im Gesundheitswesen zu schonen. Somit kann durch diese Daten unser Ziel verfolgt werden, ausschließlich die Patienten mittels dynamischer Kraniorthese zu behandeln, die in einem hohen Maße davon profitieren werden.

---

## 6 Literaturverzeichnis

1. Dec W, Warren SM. Current concepts in deformational plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2011;22(1):6-8.
2. Liu Y, Kadlub N, da Silva Freitas R, Persing JA, Duncan C, Shin JH. The misdiagnosis of craniosynostosis as deformational plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2008;19(1):132-6.
3. Levi B, Wan DC, Longaker MT, Habal MB. Deformational plagiocephaly: a look into the future. *J Craniofac Surg.* 2011;22(1):3-5.
4. Huang MH, Gruss JS, Clarren SK, Mouradian WE, Cunningham ML, Roberts TS, et al. The differential diagnosis of posterior plagiocephaly: true lambdoid synostosis versus positional molding. *Plast Reconstr Surg.* 1996;98(5):765-74; discussion 75-6.
5. Littlefield TR, Kelly KM, Pomatto JK, Beals SP. Multiple-birth infants at higher risk for development of deformational plagiocephaly: II. is one twin at greater risk? *Pediatrics.* 2002;109(1):19-25.
6. Argenta L, David L, Thompson J. Clinical classification of positional plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2004;15(3):368-72.
7. 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.
8. Kane AA, Mitchell LE, Craven KP, Marsh JL. Observations on a recent increase in plagiocephaly without synostosis. *Pediatrics.* 1996;97(6 Pt 1):877-85.
9. American Academy of Pediatrics AAP Task Force on Infant Positioning and SIDS: Positioning and SIDS. *Pediatrics.* 1992;89(6 Pt 1):1120-6.
10. Peitsch WK, Keefer CH, LaBrie RA, Mulliken JB. Incidence of cranial asymmetry in healthy newborns. *Pediatrics.* 2002;110(6):e72.
11. Paris CA, Remler R, Daling JR. Risk factors for sudden infant death syndrome: changes associated with sleep position recommendations. *J Pediatr.* 2001;139(6):771-7.
12. Dunn PM. Congenital postural deformities. *Br Med Bull.* 1976;32(1):71-6.
13. 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.
14. Persing J, James H, Swanson J, Kattwinkel J, American Academy of Pediatrics Committee on P, Ambulatory Medicine SoPS, et al. Prevention and management of positional skull deformities in infants. American Academy of Pediatrics Committee on Practice and Ambulatory Medicine, Section on Plastic Surgery and Section on Neurological Surgery. *Pediatrics.* 2003;112(1 Pt 1):199-202.
15. Littlefield TR, Saba NM, Kelly KM. On the current incidence of deformational plagiocephaly: an estimation based on prospective registration at a single center. *Semin Pediatr Neurol.* 2004;11(4):301-4.
16. Bruneteau RJ, Mulliken JB. Frontal plagiocephaly: synostotic, compensational, or deformational. *Plast Reconstr Surg.* 1992;89(1):21-31; discussion 2-3.
17. van Vlimmeren LA, van der Graaf Y, Boere-Boonekamp MM, L'Hoir MP, Helden 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.

18. Dias MS, Klein DM. Occipital plagiocephaly: deformation or lambdoid synostosis? II. A unifying theory regarding pathogenesis. *Pediatr Neurosurg.* 1996;24(2):69-73.
19. Argenta LC, David LR, Wilson JA, Bell WO. An increase in infant cranial deformity with supine sleeping position. *J Craniofac Surg.* 1996;7(1):5-11.
20. 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.
21. Stellwagen L, Hubbard E, Chambers C, Jones KL. Torticollis, facial asymmetry and plagiocephaly in normal newborns. *Arch Dis Child.* 2008;93(10):827-31.
22. Joganic JL, Lynch JM, Littlefield TR, Verrelli BC. Risk factors associated with deformational plagiocephaly. *Pediatrics.* 2009;124(6):e1126-33.
23. Golden KA, Beals SP, Littlefield TR, Pomatto JK. Sternocleidomastoid imbalance versus congenital muscular torticollis: their relationship to positional plagiocephaly. *Cleft Palate Craniofac J.* 1999;36(3):256-61.
24. Losee JE, Mason AC. Deformational plagiocephaly: diagnosis, prevention, and treatment. *Clin Plast Surg.* 2005;32(1):53-64, viii.
25. Robinson S, Proctor M. Diagnosis and management of deformational plagiocephaly. *J Neurosurg Pediatr.* 2009;3(4):284-95.
26. Cunningham ML, Heike CL. Evaluation of the infant with an abnormal skull shape. *Curr Opin Pediatr.* 2007;19(6):645-51.
27. Nield LS, Brunner MD, Kamat D. The infant with a misshapen head. *Clin Pediatr (Phila).* 2007;46(4):292-8.
28. Schaaf H, Malik CY, Streckbein P, Pons-Kuehnemann J, Howaldt HP, Wilbrand JF. Three-dimensional photographic analysis of outcome after helmet treatment of a nonsynostotic cranial deformity. *J Craniofac Surg.* 2010;21(6):1677-82.
29. Pogliani L, Mameli C, Fabiano V, Zuccotti GV. Positional plagiocephaly: what the pediatrician needs to know. A review. *Childs Nerv Syst.* 2011;27(11):1867-76.
30. 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.
31. Glasgow TS, Siddiqi F, Hoff C, Young PC. Deformational plagiocephaly: development of an objective measure and determination of its prevalence in primary care. *J Craniofac Surg.* 2007;18(1):85-92.
32. Loveday BP, de Chalain TB. Active counterpositioning or orthotic device to treat positional plagiocephaly? *J Craniofac Surg.* 2001;12(4):308-13.
33. Saeed NR, Wall SA, Dhariwal DK. Management of positional plagiocephaly. *Arch Dis Child.* 2008;93(1):82-4.
34. Doerhage DmK. Klinische Bedeutung, Prophylaxe und Therapie der lagebedingte Plagiozephalie. *Manuelle Medizin.* 2010;48(2):135-40.
35. Laughlin J, Luerksen TG, Dias MS, Committee on P, Ambulatory Medicine SoNS. Prevention and management of positional skull deformities in infants. *Pediatrics.* 2011;128(6):1236-41.
36. Cavalier A, Picot MC, Artiaga C, Mazurier E, Amilhau MO, Froye E, et al. Prevention of deformational plagiocephaly in neonates. *Early Hum Dev.* 2011;87(8):537-43.
37. Kalra R, Walker ML. Posterior plagiocephaly. *Childs Nerv Syst.* 2012;28(9):1389-93.
38. David DJ, Menard RM. Occipital plagiocephaly. *Br J Plast Surg.* 2000;53(5):367-77.

39. Marchac A, Arnaud E, Di Rocco F, Michienzi J, Renier D. Severe deformational plagiocephaly: long-term results of surgical treatment. *J Craniofac Surg.* 2011;22(1):24-9.
40. Lipira AB, Gordon S, Darvann TA, Hermann NV, Van Pelt AE, Naidoo SD, et al. Helmet versus active repositioning for plagiocephaly: a three-dimensional analysis. *Pediatrics.* 2010;126(4):e936-45.
41. Carson BS, Munoz D, Gross G, VanderKolk CA, James CS, Gates J, et al. An assistive device for the treatment of positional plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2000;11(2):177-83.
42. van Vlimmeren LA, van der Graaf Y, Boere-Boonekamp MM, L'Hoir MP, Helders PJ, Engelbert RH. 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.
43. Robbins B. Physical therapy is effective for deformational plagiocephaly. *J Pediatr.* 2009;154(1):152-3.
44. Do TT. Congenital muscular torticollis: current concepts and review of treatment. *Curr Opin Pediatr.* 2006;18(1):26-9.
45. van Vlimmeren LA, Helders PJ, van Adrichem LN, Engelbert RH. Torticollis and plagiocephaly in infancy: therapeutic strategies. *Pediatr Rehabil.* 2006;9(1):40-6.
46. Flannery AB, Looman WS, Kemper K. Evidence-based care of the child with deformational plagiocephaly, part II: management. *J Pediatr Health Care.* 2012;26(5):320-31.
47. Xia JJ, Kennedy KA, Teichgraeber JF, Wu KQ, Baumgartner JB, Gateno J. Nonsurgical treatment of deformational plagiocephaly: a systematic review. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2008;162(8):719-27.
48. 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.
49. 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.
50. Clarren SK, Smith DW, Hanson JW. Helmet treatment for plagiocephaly and congenital muscular torticollis. *J Pediatr.* 1979;94(1):43-6.
51. 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.
52. Couture DE, Crantford JC, Somasundaram A, Sanger C, Argenta AE, David LR. Efficacy of passive helmet therapy for deformational plagiocephaly: report of 1050 cases. *Neurosurg Focus.* 2013;35(4):E4.
53. 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.
54. Dorhage KW, Beck-Broichsitter BE, von Grabe V, Sonntag A, Becker ST, Wiltfang J. Therapy effects of head orthoses in positional plagiocephaly. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016;44(10):1508-14.
55. Littlefield TR, Pomatto JK, Kelly KM. Dynamic orthotic cranioplasty: treatment of the older infant. Report of four cases. *Neurosurg Focus.* 2000;9(3):e5.
56. 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.

57. 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.
58. 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.
59. Hutchison BL, Stewart AW, De Chalain TB, Mitchell EA. A randomized controlled trial of positioning treatments in infants with positional head shape deformities. *Acta Paediatr.* 2010;99(10):1556-60.
60. Plank LH, Giavedoni B, Lombardo JR, Geil MD, Reisner A. Comparison of infant head shape changes in deformational plagiocephaly following treatment with a cranial remolding orthosis using a noninvasive laser shape digitizer. *J Craniofac Surg.* 2006;17(6):1084-91.
61. Yoo HS, Rah DK, Kim YO. Outcome analysis of cranial molding therapy in nonsynostotic plagiocephaly. *Arch Plast Surg.* 2012;39(4):338-44.
62. Teichgraeber 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):118-23.
63. Kluba S, Kraut W, Calgeer B, Reinert S, Krimmel M. Treatment of positional plagiocephaly--helmet or no helmet? *J Craniomaxillofac Surg.* 2014;42(5):683-8.
64. 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.
65. 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.
66. 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. *Childs Nerv Syst.* 2015;31(9):1547-52.
67. Cummings C. Positional plagiocephaly. *Paediatr Child Health.* 2011;16(8):493-6.
68. 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.
69. Collett B, Breiger D, King D, Cunningham M, Speltz M. Neurodevelopmental implications of "deformational" plagiocephaly. *J Dev Behav Pediatr.* 2005;26(5):379-89.
70. Clarren SK. Plagiocephaly and torticollis: etiology, natural history, and helmet treatment. *J Pediatr.* 1981;98(1):92-5.
71. Rekate HL. Occipital plagiocephaly: a critical review of the literature. *J Neurosurg.* 1998;89(1):24-30.
72. Netherway DJ, Abbott AH, Gulamhuseinwala N, McGlaughlin KL, Anderson PJ, Townsend GC, et al. Three-dimensional computed tomography cephalometry of plagiocephaly: asymmetry and shape analysis. *Cleft Palate Craniofac J.* 2006;43(2):201-10.
73. Kane AA, Lo LJ, Vannier MW, Marsh JL. Mandibular dysmorphology in unicoronal synostosis and plagiocephaly without synostosis. *Cleft Palate Craniofac J.* 1996;33(5):418-23.
74. Balan P, Kushnerenko E, Sahlin P, Huotilainen M, Naatanen R, Hukki J. Auditory ERPs reveal brain dysfunction in infants with plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2002;13(4):520-5; discussion 6.

75. Knight SJ, Anderson VA, Meara JG, Da Costa AC. Early neurodevelopment in infants with deformational plagiocephaly. *J Craniofac Surg.* 2013;24(4):1225-8.
76. Fowler EA, Becker DB, Pilgram TK, Noetzel M, Epstein J, Kane AA. Neurologic findings in infants with deformational plagiocephaly. *J Child Neurol.* 2008;23(7):742-7.
77. Kordestani RK, Panchal J. Neurodevelopment delays in children with deformational plagiocephaly. *Plast Reconstr Surg.* 2006;118(3):808-9; author reply 9-10.
78. Speltz ML, Collett BR, Stott-Miller M, Starr JR, Heike C, Wolfram-Aduan AM, et al. Case-control study of neurodevelopment in deformational plagiocephaly. *Pediatrics.* 2010;125(3):e537-42.
79. Hutchison BL, Stewart AW, Mitchell EA. 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.
80. Pindrik J, Ye X, Ji BG, Pendleton C, Ahn ES. Anterior fontanelle closure and size in full-term children based on head computed tomography. *Clin Pediatr (Phila).* 2014;53(12):1149-57.
81. Bridges SJ, Chambers TL, Pople IK. Plagiocephaly and head binding. *Arch Dis Child.* 2002;86(3):144-5.
82. Destatis SB. Datenreport - Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland. 2016.
83. Liniger B. Natürliches Schädelwachstum, Schädeldeformitäten, Untersuchungsmodalitäten. *KinderärzteSchweiz News.* 2018;01/2018:22.5.
84. Binkiewicz-Glinska A, Mianowska A, Sokolow M, Renska A, Ruckeman-Dziurdzinska K, Bakula S, et al. Early diagnosis and treatment of children with skull deformations. The challenge of modern medicine. *Dev Period Med.* 2016;20(4):289-95.
85. Linz C, Kunz F, Bohm H, Schweitzer T. Positional Skull Deformities. *Dtsch Arztebl Int.* 2017;114(31-32):535-42.
86. Rogers GF. Severe deformational plagiocephaly: long-term results of surgical treatment. *J Craniofac Surg.* 2011;22(1):30-2.
87. Hummel P, Fortado D. Impacting infant head shapes. *Adv Neonatal Care.* 2005;5(6):329-40.
88. Aarnivala H, Vuollo V, Harila V, Heikkinen T, Pirttiniemi P, Valkama AM. Preventing deformational plagiocephaly through parent guidance: a randomized, controlled trial. *Eur J Pediatr.* 2015;174(9):1197-208.
89. D'Antoni AV, Donaldson OI, Schmidt C, Macchi V, De Caro R, Oskouian RJ, et al. A comprehensive review of the anterior fontanelle: embryology, anatomy, and clinical considerations. *Childs Nerv Syst.* 2017.
90. Ho JP, Mallitt KA, Jacobson E, Reddy R. Use of external orthotic helmet therapy in positional plagiocephaly. *J Clin Neurosci.* 2016;29:46-51.
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. Tamber MS, Nikas D, Beier A, Baird LC, Bauer DF, Durham S, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guideline on the Role of Cranial Molding Orthosis (Helmet) Therapy for Patients With Positional Plagiocephaly. *Neurosurgery.* 2016;79(5):E632-E3.

---

## 7 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

- Abbildung 1: Levi, B., et al., *Deformational plagiocephaly: a look into the future.* J Craniofac Surg, 2011. **22**(1): p. 3-5.
- Abbildung 2: Argenta, L., L. David, and J. Thompson, *Clinical classification of positional plagiocephaly.* J Craniofac Surg, 2004. **15**(3): p. 368-72.
- Abbildung 3: Pogliani, L., et al., *Positional plagiocephaly: what the pediatrician needs to know. A review.* Childs Nerv Syst, 2011. **27**(11): p. 1867-76.
- Abbildung 4: Pogliani, L., et al., *Positional plagiocephaly: what the pediatrician needs to know. A review.* Childs Nerv Syst, 2011. **27**(11): p. 1867-76.
- Abbildung 5: <http://www.icpmuenchen.de/de/dienstleistungen-und-produkte/orthopaedische-hilfsmittel/cranio-orthesen> (12.04.2017)
- Abbildung 6: Einheitlicher Therapieplan während der Studie in der kranio-spinalen Sprechstunde
- Abbildung 7: Kranioorthese von der Firma Streifeneder
- Abbildung 8: Vermessung mittels Kephalmeter in der kraniospinalen Sprechstunde
- Abbildung 9: Skizze der nötigen Strecken zur Vermessung des Kopfes
- Abbildung 10: Mittelwertvergleich der KU-Zunahme [cm/Mo] ohne Helm bei verschiedenen Fontanellengrößen
- Abbildung 11: Mittelwertvergleich der KU-Zunahme [cm/Mo] ohne Helm in verschiedenen Altersklassen
- Abbildung 12: Vergleich der Fontanellengrößen in verschiedenen Altersklassen
- Abbildung 13: Unterschiede der beiden Kohorten in der KU-Zunahme bei kleiner Fontanelle
- Abbildung 14: Unterschiede der beiden Kohorten in der DD-Änderung
- Abbildung 15: Neues Therapiekonzept zur Behandlung des lagerungsbedingten Plagiocephalus bei Säuglingen
- Tabelle 1: Einteilung der Asymmetrieklassen
- Tabelle 2: Einteilung der Fontanellengröße

Tabelle 3:	Unterschiede in den Patientengruppen bei der Erstuntersuchung nach der Geburt (U1)
Tabelle 4:	Unterschiede in den Patientengruppen bei der Erstvorstellung in der kraniospinalen Sprechstunde
Tabelle 5:	Mittelwertvergleich der KU-Zunahme und DD-Änderung in den beiden Kohorten
Tabelle 6:	Korrelation zwischen KU-Zunahme [cm/Mo] und DD-Änderung [cm/Mo] bei Patienten ohne Helm
Tabelle 7:	Mittelwertvergleich der DD-Änderung [cm/Mo] ohne Helm in verschiedenen Altersklassen
Tabelle 8:	Mittelwertvergleich der DD-Änderung [cm/Mo] ohne Helm in verschiedenen Fontanellenlevel
Tabelle 9:	Vergleich der Kopfveränderungen [cm/Mo] vor und während der Therapie mittels Kraniorthese
Tabelle 10:	Effektivität der beiden Therapieoptionen

---

## 8 Anhang

Anhang 1: Anamnesebogen

**Prospektive Analyse der Therapieeffektivität beim  
lagerungsbedingten Plagiocephalus - Fragebogen für Eltern**

Bitte ausfüllen und per E-Mail zurücksenden oder beim nächsten Termin mitbringen.

1) Name, Vorname des Kindes und Geburtsdatum (TT.MM.JJJJ)

\_\_\_\_\_

2) Informationen aus Untersuchungsheft (U1):

- SSW \_\_\_\_\_
- Geburtsgewicht: \_\_\_\_\_
- Körperlänge: \_\_\_\_\_
- Kopfumfang: \_\_\_\_\_
- Kindslage: \_\_\_\_\_
- Geburtsmodus: \_\_\_\_\_
- APGAR: \_\_\_\_\_
- Erkrankungen: \_\_\_\_\_
- Geburtsverlauf: \_\_\_\_\_

3) Weitere Geschwister (Alter & Geschlecht) oder Zwillinge?

\_\_\_\_\_

4) Haben die Geschwister auch einen lagerungsbedingten Plagiocephalus?

\_\_\_\_\_

5) Besonderheiten während der Schwangerschaft?

\_\_\_\_\_

6) Bestand/Besteht bei Ihrem Kind eine Vorzugshaltung des Köpfchens?

\_\_\_\_\_

7) Hat Ihr Kind weitere Erkrankungen?

\_\_\_\_\_

8) Bekommt Ihr Kind regelmäßig Medikamente?

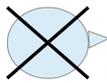
\_\_\_\_\_

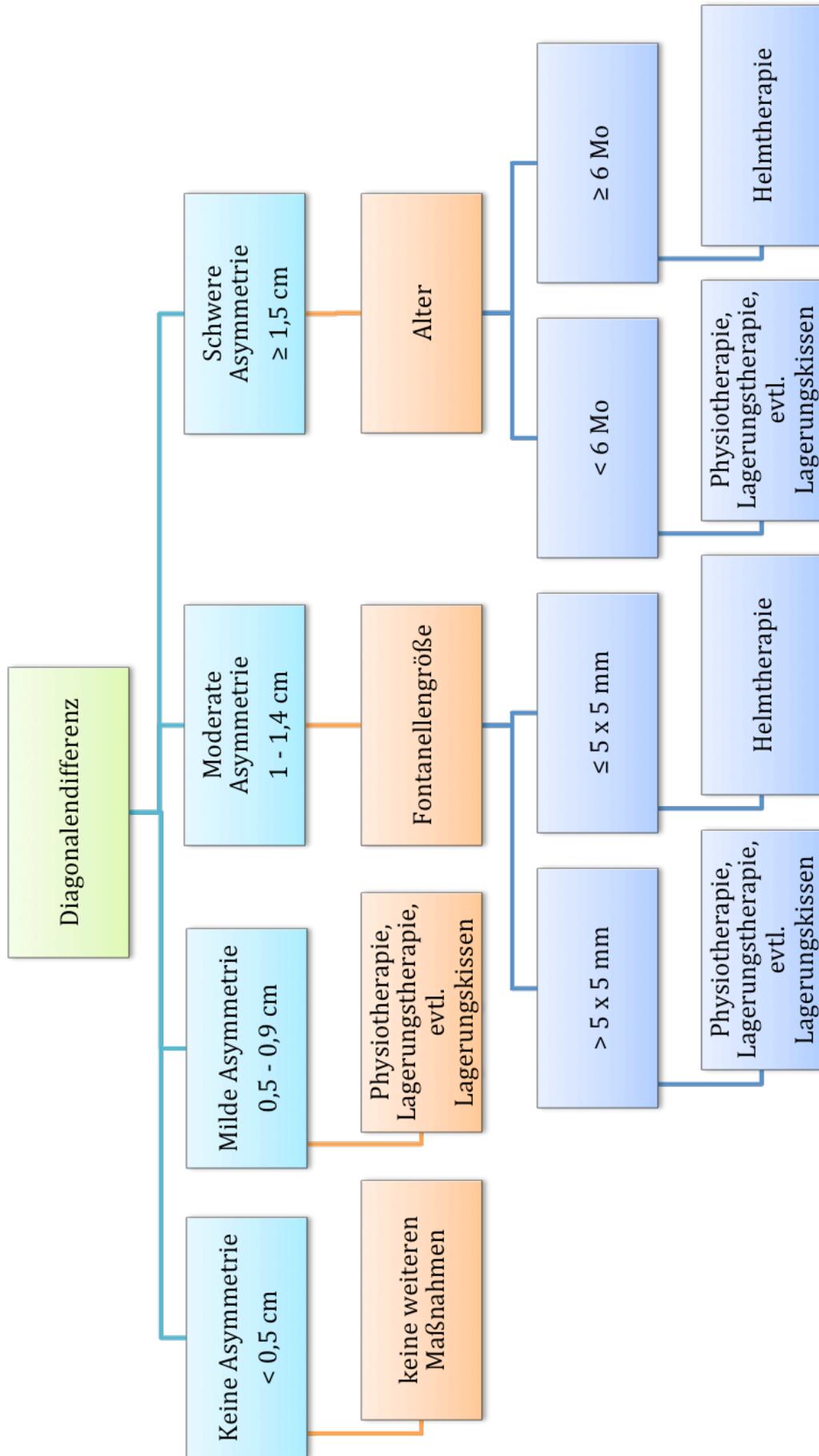
9) Welche Maßnahmen wurden bisher durchgeführt (Physiotherapie, Lagerung, Lagerungskissen, Osteopathie)?

\_\_\_\_\_

Bei jeglichen Fragen oder anderen Problemen können Sie mich jeder Zeit unter  
[REDACTED] erreichen. Vielen Dank für Ihre Mithilfe.

Prospektive Analyse der Therapieeffektivität beim lagerungsbedingten Plagiocephalus

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Patientenetikett</div>	Vorstellungsanzahl: __ Vorstellungsalter (Monate): __ Wiedervorstellung: __. __. __
Argenta-Classification: <input type="radio"/> (I) <input type="radio"/> (II) <input type="radio"/> (III) <input type="radio"/> (IV) <input type="radio"/> (V) <small><u>Defenition:</u> I) nur Abflachung der Hinterkopfes II) mit sog. „Ear-Shift“ III) mit Stirnvorwölbung auf betroffener Seite IV) mit Gesichtssymmetrie V) mit kompensatorischer temporaler Vorwölbung oder vertikalen Wachstums des Hinterkopfes</small> Größe (cm): ___    Perzentile: ___    Gewicht (g): ___    Perzentile: ___	
<p><b><u>Anamnese:</u></b></p> Geboren in SSW: __ <input type="radio"/> (Frühgeburt) Geburtsgröße (cm): ___ KU bei Geb (cm): __ Geburtsgewicht (g): _____ Lage in utero: _____ Besonderheiten bei Schwangerschaft/Geburt: _____ Zwillinge: <input type="radio"/> (ja) <input type="radio"/> (nein) Geburtsmodus: <input type="radio"/> (spontan) <input type="radio"/> (sectio) Kephalhämatom: <input type="radio"/> (ja) <input type="radio"/> (nein) Tortikollis postnatal: <input type="radio"/> (ja) <input type="radio"/> (nein) Vorzugshaltung: <input type="radio"/> (nein) <input type="radio"/> (rechts) <input type="radio"/> (links) Grunderkrankung: _____ Medikamente: _____ Entwicklungsstand aktuell: <input type="radio"/> (kann sich drehen) <input type="radio"/> (Spielen in Bauchlage) <input type="radio"/> (Robben) bisherige Maßnahmen: <input type="radio"/> (Lagerung) <input type="radio"/> (Lagerungskissen) <input type="radio"/> (Physiotherapie) <input type="radio"/> (Osteopathie) Helm: <input type="radio"/> (nein) <input type="radio"/> (23 Stunden/Tag) <input type="radio"/> (nachts) <input type="radio"/> (seit _____)	<p><b><u>Messwerte:</u></b></p> Kopfumfang (cm): ___ Perzentile: ___ Re.- Diagonale: ___ Li.-Diagonale: ___ Diagonalendifferenz (cm): ___ Kopflänge (cm): ___ Kopfbreite (cm): ___ CI: ___    CVAI: ___ Ohrvorschub (cm): __ Stirnvorschub (cm): __ Orbitavorschub (cm): ___ Wangenvorschub (cm): ___ Rotation HWS (Grad) rechts ___ links ___ Rotationsdefizit (Grad): ___ Fontanelle: Länge (cm) ___ Breite (cm) ___ Orientierender neurologischer Befund: _____ Muskeltonus: _____ Befunde WS: _____ Skizze:  <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px; margin-left: 100px;"> <span>li. D.</span> <span>re. D.</span> </div>



---

## 9 Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle herzlich bei allen Personen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. h.c. Hans-Georg Dietz, emeritierter leitender Oberarzt der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital, für die Vergabe des sehr interessanten Promotionsthemas und sein Vertrauen in eine erfolgreiche Erarbeitung.

Meinem Betreuer Dr. med. Markus Lehner, ehemalig Oberarzt und Leiter der Kraniospinalen Sprechstunde in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital und aktuell Leitender Arzt am Kantonspital in Luzern, möchte ich insbesondere für seine sehr gute Unterstützung danken. Seine inspirierenden Anregungen und wertvollen Ratschläge bezüglich inhaltlicher sowie methodischer Fragen habe ich sehr geschätzt. Seine konstruktive Hilfe und sein offenes Ohr haben die Fertigstellung dieser Arbeit erleichtert. Ich bedanke mich für die sehr gute Betreuung während der Sprechstunden, zwischen zwei Operationen oder an Urlaubstagen und das Vertrauen mir gegenüber während der ganzen gemeinsamen Zeit.

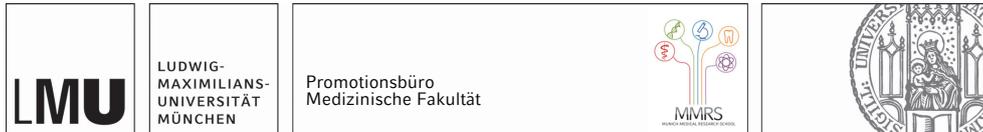
Mein Dank gilt auch Dr. med. H. Lochbihler, Oberarzt der Kinderchirurgischen Klinik im Klinikum Augsburg. Die Zusammenarbeit lief dank seiner offenen Art und Weise stets sehr gut und unkompliziert. Ich bedanke mich für seine Kooperation, die Ratschläge und die Unterstützung während meiner Arbeit.

Bei dem Team der Kraniospinalen Sprechstunde am Dr. von Haunerschen Kinderspital möchte ich mich von ganzen Herzen bedanken. Die Unterstützung in jeder Sprechstunde und die freundschaftliche Zusammenarbeit haben die Atmosphäre sehr angenehm gestaltet. Hier muss vor allem Schwester Rebekka aufgrund ihres organisatorischen Talentes und ihrer stets liebenswerten Art genannt werden, die bei der Terminvergabe auf alle Extrawünsche geduldig eingegangen ist.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meiner Familie und meiner Freundin für die offenen Ohren, die Geduld und das Korrekturlesen bedanken. Die ehrliche Kritik und die Unterstützung waren mir stets sehr willkommen. Vielen Dank, dass ihr mich auf diesem Weg so gut begleitet habt.

---

## 10 Eidesstattliche Versicherung



### Eidesstattliche Versicherung

Macé, Yannick

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

**Prospektive Analyse der Therapieeffektivität beim lagerungsbedingten Plagiocephalus mit Erstellung eines neuen Therapiekonzeptes**

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 01.02.2019

Ort, Datum

Macé, Yannick

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand