

AUS DER  
KINDERCHIRURGISCHEN KLINIK

IM  
DR. VON HAUNER'SCHEN KINDERSPITAL  
KLINIKUM DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

DIREKTOR  
PROF. DR. MED. DIETRICH VON SCHWEINITZ

---

**Innovative Studien**  
zur  
**Verbesserung der Versorgungsqualität**  
in der  
**kraniospinalen Kinderchirurgie**



KUMULATIVE HABILITATIONSSCHRIFT

ZUR ERLANGUNG DER *VENIA LEGENDI*  
FÜR DAS FACH  
KINDERCHIRURGIE

VORGELEGT  
VON  
DR. MED. MARKUS LEHNER

---

München, Januar 2020



## **Fachmentorat**

Vorsitzender

Vertretung des Faches Kinderchirurgie:

Prof. Dr. Dietrich von Schweinitz  
Direktor der Kinderchirurgischen Klinik,  
Dr. von Hauner'sches Kinderspital der LMU

Vertretung des benachbarten Faches, Pädiatrie:

Prof. Dr. Florian Heinen  
Leiter der Neuropädiatrie  
Dr. von Hauner'sches Kinderspital der LMU

Vertretung eines weiteren chirurgischen Faches,

Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie:

Prof. Dr. Dr. Michael Ehrenfeld  
Direktor der Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie  
Klinikum der LMU

Dekan der medizinischen Fakultät:

Prof. Dr. med. Dr. med. dent. R. Hickel



# Inhaltsverzeichnis

## 1. Einleitung

- 1.1 Kraniospinale Kinderchirurgie
- 1.2 Neuro-Traumatologie im Kindesalter
- 1.3 Zielsetzung der Arbeit

## 2. Eigene wissenschaftliche Arbeiten zum Habilitationsprojekt

- 2.1 Untersuchungen zu Patienten mit erhöhtem intrakraniellm Druck
  - A Verlaufsstudie: Gravitations-gestützte Ventile zur Behandlung des Hydrozephalus im Kindesalter.
- 2.2 Schädeldeformitäten
  - 2.2.1 Operative Therapie von Kindern mit angeborenen Kraniostenosen
    - B Die osteoklastische Kraniektomie (OK) führt bei Kindern mit Skaphozephalus zu einer harmonischen Kopfform im Langzeitverlauf.
    - C Implementierung und Evaluation einer neuen CAD gestützten OP-Technik für die operative Korrektur von prämaturnen Kraniostenosen im Kindesalter.
  - 2.2.2 Konservative Therapie des lagerungsbedingten Plagiozephalus
    - D Innovativer Parameter zur Indikationsstellung für die Kraniio-Orthese beim lagerungsbedingten Plagiozephalus: die Größe der vorderen Fontanelle spielt eine Rolle.
- 2.3 Neuro-Traumatologie
  - E Evaluation des neuen interdisziplinären Konzepts für die Schockraumversorgung von Kindern (iTRAPS).
  - F Leichtes Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter: Eine *post concussion* Analyse.

### **3. Zusammenfassung und Ausblick**

3.1 Der Ventilversorgte Hydrozephalus

3.2 Kraniostenosen

3.3 Nicht-synostotische Schädeldeformitäten

3.4 Neuro-Traumatologie

### **4. Literatur (Zitate der Habilitations-Schrift)**

### **5. Anhang**

5.1 Aktualisiertes Verzeichnis wissenschaftlicher Abhandlungen

5.1.1 Originalarbeiten als Erst- oder Letztautor

5.1.2 Originalarbeiten als Co-Autor

5.2 Übersichtsartikel

5.3 Buchkapitel

5.4 Sonstige Veröffentlichungen

5.5 Zitierfähige Abstracts von Vorträgen und Postern

5.6 Sonstige Vorträge und Fortbildungsveranstaltungen

5.7 Ausgewählte Arbeiten zur schriftlichen Habilitationsleistung

5.8 Ausgewählte Arbeiten zur schriftlichen Habilitationsleistung im Original

zu 2.1 A

zu 2.2.1 B

zu 2.2.2 C

zu 2.2.2 D

zu 2.3. E

zu 2.3 F

**6. Lebenslauf**

**7. Danksagung**





# 1 Einleitung

---

Die chirurgische Versorgung und Betreuung von Neugeborenen und Kindern mit angeborenen Fehlbildungen und erworbenen Erkrankungen des Zentralnervensystems haben im Dr. von Hauner'schen Kinderspital der Ludwig-Maximilians-Universität München eine lange Tradition.

Bereits der Gründer des Dr. von Hauner'schen Kinderspitals – August Napoleon von Hauner – habilitierte sich 1850 mit einem neurologisch-neurochirurgischen Thema: *"Über Tuberkeln in Hirn und Hirnhäuten bei Kindern"* (Locher, 2011).

Im Rahmen der kraniospinalen Kinderchirurgie werden sowohl Kinder mit angeborenen Fehlbildungen des Schädels, des Ventrikelsystems aber auch der Wirbelsäule und des Rückenmarkes betreut. Es bestehen enge Kooperationen mit weiteren Subspezialisierungen der Kinderchirurgie (Kinderurologie, Kinderorthopädie), der Pädiatrie (Entwicklungsneurologie, Nephrologie) und mit den angrenzenden Disziplinen der Erwachsenen-Medizin wie Mund-Kiefer-Gesichts- und Neuro-Chirurgie.

Zu den erworbenen Problemen insbesondere der Liquorzirkulation kann es z. B. nach schwerem Schädel-Hirn-Trauma aber auch nach einer bakteriellen Meningitis kommen. Schwere Schädel-Hirn-Traumen sind im Kindesalter insgesamt selten. Das Dr. von Hauner'sche Kinderspital stellt im Rahmen des überregionalen Traumazentrums des Traumanetzwerkes der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) ein kindertraumatologische Zentrum dar. Im Rahmen des zertifizierten überregionalen Traumazentrums LMU im Traumanetzwerk Oberbayern Süd nimmt die Klinik unter anderem an der Versorgung von schwerverletzten Kindern und Jugendlichen teil. Dies erfolgt sowohl im primären als auch im Zuverlegungs-Modus.

Im Folgenden werden Arbeiten aus diesen Teilbereichen der kraniospinalen Kinderchirurgie dargestellt und anschließend im Rahmen der kumulativen Habilitationsschrift diskutiert.

Die operative Therapie der Patienten mit kongenitalen Fehlbildungen des Zentralnervensystems aber auch der Wirbelsäule und des knöchernen Schädelskeletts war bereits in den Anfangsjahren der Kinderchirurgie in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts unabdingbarer Bestandteil dieser sich entwickelnden Subspezialisierung der Chirurgie.

Das Fach Kinderchirurgie hat sich im Dr. von Hauner'schen Kinderspital zurückgehend seit seiner Gründung im Jahre 1846 durch August Napoleon von Hauner nach Auffassung von Prof. Waldemar Hecker in 4 Phasen entwickelt.

Zunächst waren es wundärztlich versierte Pädiater, die erste, einfache operative Eingriffe an Kindern durchführten.

Später waren dann Konsiliar-Ärzte aus der Chirurgischen Klinik tätig, bis schließlich Kinderchirurgische Abteilungen gegründet wurden (Locher, 1996).

Am Dr. von Hauner'schen Kinderspital kam es neben Werner Herzog (1891-1919) und Richard Drachter (1919-1936) vor allem unter Anton Oberniedermayr zu entscheidenden Weiterentwicklungen für das Fach Kinderchirurgie. 1957 erfolgte die Gründung der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Kinderchirurgen, aus der 1963 die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie folgte. Auf dem Deutschen Ärztetag 1968 wurde die Einführung des Teilgebietes Kinderchirurgie beschlossen. An all diesen Entscheidungen und Gründungsveranstaltungen waren die Münchner Kinderchirurgen beteiligt.

Kinderchirurgie bedeutet damals wie heute Fehlbildungschirurgie. Auf dem Gebiet der Kinderneurochirurgie war es der Kinderchirurg Josef Regenbrecht, der 1958 die ersten erfolgreichen, das Hirnwasser ableitenden Shunt-Operationen im Kindesalter im Dr. von Hauner'schen Kinderspital durchgeführt hatte (Regenbrecht, 1960, 1961). Auch war es der Kinderchirurg Paul Rickham aus Liverpool, der bereits 1960 für die Frühoperation der Meningomyelozele plädiert hatte und die noch heute gebräuchliche punktierbare Vorkammer des Ventrikelkatheters erfand (Rickham-Reservoir) (Spitz, 2004).

Es entwickelte sich kontinuierlich die pädiatrische Neurochirurgie, welche stets auch von Kinderchirurgen auf Augenhöhe betrieben wurde. Hier ist neben Prof. Hecker unter anderem Prof. Höppner (Dr. von Hauner'sches Kinderspital und zuletzt Städtisches Klinikum München Schwabing) zu nennen. Letzterer ist bis heute deutschlandweit ein anerkannter und respektierter Experte auf dem Gebiet der Shunt- und Spina bifida Chirurgie, nicht zuletzt durch seine Arbeit für den Selbsthilfverband ASBH.

Professor Waldemar Hecker wurde 1969 zum ersten Ordinarius für Kinderchirurgie in Deutschland berufen. Unter seiner Leitung wurden ab 1969 am Dr. v. Hauner'schen Kinderspital Kinder mit angeborenen Fehlbildungen sämtlicher Organsysteme chirurgisch behandelt. Hierunter fielen auch die Kinder mit angeborenen Fehlbildungen des Zentralnervensystems einschließlich Spina bifida und Hydrozephalus, deren Behandlung seit der Ära Prof. Waldemar Hecker's stets weiterentwickelt wurde. Anfang der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts gründete sich die Spezialsprechstunde zur Betreuung von Kindern mit Spina bifida und Hydrocephalus, welche in abgewandelter Form bis heute fortbesteht. Im Jahre 2000 wurde diese durch den damaligen Leiter Dr. Harald Lochbihler in die Arbeitsgruppe für **kraniospiale Kinderchirurgie** umbenannt.

Dies wurde der Verlagerung des Tätigkeitsschwerpunktes geschuldet. Durch die Entwicklung und den Fortschritt in der Pränatalmedizin hat sich der Behandlungsschwerpunkt in der kraniospinalen Kinderchirurgie weg von der Fehlbildung der spina bifida hin zu den prämaternen Nahtsynostosen verlagert.

Dennoch subsumiert die kraniospinale Kinderchirurgie die Versorgung des angeborenen Hydrozephalus und der Spaltfehlbildungen der Wirbelsäule sowie die Fehlbildungen des knöchernen Schädels. Hier sind es auf der einen Seite der lagerungsbedingte Plagiozephalus und auf der anderen Seite die idiopathischen und syndromalen Kraniosynostosen, welche einen zusätzlichen Schwerpunkt bilden. Ergänzt wird der Teilbereich durch die Notfall-Operationen auf dem Gebiet der Neurotraumatologie, siehe Kapitel 1.2.

In der Sprechstunde für kraniospinale Kinderchirurgie im Dr. von Hauner'schen Kinderspital werden jährlich etwa 1000 Kinder gesehen und behandelt. Sie zählt damit zu den größten derartigen Einrichtungen in der Kinderchirurgie im

deutschsprachigen Raum. Das Einzugsgebiet erstreckt sich sowohl regional als auch überregional auf das gesamte Bundesgebiet und überwiegend das benachbarte europäische Ausland.

## 1.2 NEURO-TRAUMATOLOGIE IM KINDESALTER

---

Neben den oben genannten angeborenen Fehlbildungen stellen Verletzungen und die erworbenen Erkrankungen des Gehirns und der gesamten neuronalen Achse einen weiteren Behandlungs- und Forschungsschwerpunkt dieses Teilbereiches der Kinderchirurgie dar.

Im Zuge des neu erarbeiteten Konzepts der interdisziplinären Schockraumversorgung für Trauma-Patienten am Dr. von Hauner'schen Kinderspital ist die Arbeitsgruppe für kraniospinale Kinderchirurgie auch an der Akutversorgung dieser schwerverletzten Kinder beteiligt.

Die überwiegende Anzahl der schwerstverletzten Kinder, die im Schockraum versorgt werden, haben ein höher gradiges Schädel-Hirn-Trauma (SHT) erlitten. Etwa 70-90% aller Kinder unter 16 Jahren, die in einem Schockraum behandelt werden, sind auch durch ein Schädel-Hirn-Trauma beeinträchtigt (Coulter & Forsyth, 2019). Der Schweregrad des SHTs ist auch im Kindesalter in hohem Maße für die Letalität verantwortlich. Hier kann der reibungslose und rasche Schockraumalgorithmus lebensrettend sein. Die schnelle und zielorientierte Versorgung im Schockraum stellt die Weichen für ein gutes klinisches Outcome und damit für das Überleben des verunfallten Kindes. Es konnte ein strukturierter Behandlungsalgorithmus für den Trauma-Schockraum im Kindesalter in den klinischen Alltag implementiert und evaluiert werden.

Das Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter kommt in der überwiegenden Anzahl der Fälle als leichtes Schädel-Hirn-Trauma vor. Hier konnte eine Studie zur Evaluation des bestehenden Behandlungskonzeptes am Dr. von Hauner'schen Kinderspital durchgeführt werden.

### 1.3 ZIELSETZUNG

---

Das Qualitäts- und medizinische Risiko- Management spielen in allen Bereichen der Medizin eine immer wichtigere Rolle (Schmitt, 2018). Hierüber lassen sich dann Patienteninformationen ableiten, welche die Versorgungsqualität der einzelnen Maßnahmen darlegen.

Zentrales Ziel jeglichen Handelns in der Medizin sollte eine hohe Qualität in der Patientenversorgung sein. Für die Messung der Qualität können verschiedene Qualitäts-Indikatoren herangezogen werden. Diese sollten für jede Klinik und Abteilung individuell entwickelt, erkannt und bewertet werden (Schmitt, 2018).

Ziel dieser kumulativen Habilitation ist es, mit Hilfe unterschiedlicher, prospektiver und retrospektiver Studien aus den verschiedenen Teilbereichen der kraniospinalen Kinderchirurgie neue, innovative Versorgungskonzepte und Therapiestrategien aufzuzeigen.

Als Surrogat-Parameter für die Versorgungsqualität spielen sowohl der Faktor Zeit – Versorgung im Schockraum, Operationsdauer – als auch z.B. intraoperative Komplikationen wie Blutungsmenge, Transfusionsmenge oder Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Behandlung eine Rolle. Auch konnten wir neu entwickelte Implantate zur Versorgung von Kindern mit Hydrozephalus in deren Anwenderfreundlichkeit und Funktionalität evaluieren.

Im Bereich der Neurotraumatologie sollte – neben der Entwicklung von Versorgungsstrategien – ein Schockraumkonzept für die eigene Klinik aber auch in die Fläche übertragbares Versorgungskonzept evaluiert und in seiner Qualität analysiert werden. Hierdurch sollte erarbeitet werden, in wie weit schwerverletzte Kinder von Beginn an so rasch und gezielt behandelt werden, um die Mortalität und Morbidität zu verringern. Sei es, durch die gezielte Schulung und das Training aller Beteiligten im Schockraum; sei es, durch die Erarbeitung, Implementierung und Validierung von standardisiert ablaufenden Schockraum-Versorgungen.

## 2 Eigene wissenschaftliche Arbeiten zum Habilitationsprojekt

---

Die jeweiligen Projekte aus den Teilbereichen der kraniospinalen Kinderchirurgie werden im Rahmen dieser kumulativen Habilitationsschrift dargestellt.

Zunächst werden Untersuchungen bei Kindern mit Shunt-pflichtigem Hydrozephalus vorgestellt. Es konnte eine bis dato nicht multizentrisch untersuchte, neue Ventilgeneration evaluiert werden. Hierbei handelt es sich um die seit etwa dem Jahr 2000 auf dem Markt befindlichen sogenannten gravitationsgestützten Ventile zur Behandlung des Hydrozephalus (Cedzich & Wiessner, 2003; Kiefer, Meier, & Eymann, 2006).

Es schließen sich Studien zur Verbesserung der Behandlungsqualität bei Kindern mit angeborenen Schädeldeformitäten an. Hier wurde zunächst eine neue Operationstechnik evaluiert. Darüber hinaus konnte im Rahmen der konservativen Behandlung des lagerungsbedingten Plagiozephalus ein neues Behandlungskonzept aufgestellt und evaluiert werden.

Aus dem Teilgebiet der Neurotraumatologie wird zunächst die Erarbeitung und Evaluierung eines neuen Konzeptes zur Schockraumversorgung im Kindesalter dargestellt.

Abschließend werden die Studienergebnisse zur Analyse des leichten Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter präsentiert.

## 2.1 UNTERSUCHUNGEN ZU PATIENTEN MIT ERHÖHTEM INTRAKRANIELLEM DRUCK

---

Sowohl Trauma-Patienten als auch Säuglinge nach intrakraniellen Blutungen können eine Steigerung des Hirndruckes auf dem Boden einer Liquor-Zirkulationsstörung oder Liquor-Resorptionsstörung entwickeln.

Die Therapie der Wahl stellt die Implantation eines ventrikulo-peritonealen Shuntsystems (VP-Shunt) dar.

Seit dem Jahr 2000 existieren auf dem Markt Hydrozephalus-Ventile einer neuen Generation. Diese sind Gravitations-abhängige Ventile (GAV: gravitational assisted valve), welche je nach Lage des Patienten im Raum den Ventil-Öffnungsdruck verändern. Mittlerweile besteht auch die Möglichkeit, Varianten dieser Ventile zu verstellen.

Unsere Klinik hat sich an der ersten europäischen, multizentrischen Studie von 7 Zentren, die den Hydrozephalus im Kindesalter behandeln, zur Untersuchung der Wirksamkeit und Praktikabilität von gravitationsgestützten Ventilen zur Behandlung des Hydrozephalus im Kindesalter beteiligt.

**A VERLAUFSSTUDIE: GRAVITATIONS-GESTÜTZTE VENTILE ZUR BEHANDLUNG DES HYDROZEPHALUS IM KINDESALTER.**

Publikation (Haberl et al., 2009)

***EXPERIENCES WITH A GRAVITY-ASSISTED VALVE IN HYDROCEPHALIC CHILDREN.***

Haberl EJ, Messing-Juenger M, Schuhmann M, Eymann R, Cedzich C, Fritsch MJ, Kiefer M, Van Lindert EJ, Geyer C, **Lehner M**, Rohde V, Stroux A, von Berenberg P.

*J NEUROSURG PEDIATR.* 2009 SEP; 4(3):289-94. DOI: 10.3171/2009.4.PEDS08204; PubMed.

***IF: 1.098***

Die Mehrzahl von derzeit über 150 verfügbaren Hydrozephalus-Ventilen basieren auf der Differenzdruck-Technik (Jain, Sgouros, Walsh, & Hockley, 2000). In vitro zeigen diese Ventile die Prädisposition für eine Überdrainage in vertikaler Position (Allin, Czosnyka, Czosnyka, Richards, & Pickard, 2006) (Aschoff et al., 1995), trotz Verbesserungen wie Einstellbarkeit und sogenannter Durchflussregelung. Die klinische Relevanz dieser Prädisposition ist nach wie vor umstritten, da offenbar alle Hypothesen durch das Fehlen klar definierter klinischer Daten zur Überdrainage und ihren Folgen in Frage gestellt werden (Di Rocco, 1994; Rekate, 1993; Serlo, Heikkinen, Saukkonen, & von Wendt, 1985). Laboruntersuchungen von Shunt-Systemen, analysiert durch A. Aschoff und andere (Aschoff et al., 1995; Czosnyka, Czosnyka, Richards, & Pickard, 1998) zusammen mit durch chronische Überdrainage verursachten Problemen, haben die Aufmerksamkeit auf die frühen Anzeichen und die zuvor unterschätzten späten Nebenwirkungen einer chronischen Überdrainage beim Shunt versorgten Hydrozephalus im Kindesalter gelenkt. Diese Sensibilisierung vieler Experten hat die Entwicklung einer neuen, zeitgemäßen Ventilgeneration für pädiatrische Patienten vorangetrieben.



Bisher wurden diesbezüglich lediglich Ergebnisse von Single Center Studien veröffentlicht (Eymann, Steudel, & Kiefer, 2007; Meling, Egge, & Due-Tonnessen, 2005). Da sich große Vergleichsstudien zum Ventildesign (Drake et al., 1998) nicht auf Gravitationsventile konzentrierten, führten wir eine ergänzende, multizentrische Studie zu einem Modell für die pädiatrische Anwendung durch (*paediGAV*).

## **Material & Methoden**

### Einschlusskriterien

Eingeschlossen in diese prospektive Studie wurden Patienten bis zum Alter von 16 Jahren, die erstmals ein Gravitationsventil (*GAV*; *paediGAV*, B. Braun / Aesculap®, Tuttlingen) erhalten sollten. Indikationen für ein *GAV* waren zum einen ein neu diagnostizierter Hydrozephalus mit dokumentierter zerebraler Ventrikel-Erweiterung und der Notwendigkeit der Implantation eines Liquor-Shunts. Darüber hinaus wurden Patienten in die Studie eingeschlossen, die eine dokumentierte Fehlfunktion eines vorbestehenden Shunts aufgrund von Obstruktion, Überdrainage oder nachfolgender Shunt-Infektion bei Patienten mit einem Standard-Differenzdruckventil hatten. Dieser Ansatz ist das Standardtherapieverfahren in den 7 an der Studie beteiligten europäischen Zentren. Für jeden Fall wurde eine schriftliche Einverständniserklärung der Eltern eingeholt.

Patienten wurden nicht eingeschlossen, wenn sie entweder eine floride Infektion des Liquors oder eine systemische Erkrankung aufwiesen, die eine Operation unmöglich machte. Darüber hinaus wurden die Patienten ausgeschlossen, wenn ventrikuläre Septen vorlagen, die mit mehr als einem Ventrikel-Katheter behandelt werden mussten. Patienten, die an Nachuntersuchungen nicht teilgenommen hatten oder nach der Shunt-Implantation aus Gründen verstarben, die nicht mit dem Hydrozephalus oder dem Shunt in Verbindung standen, wurden ausgeschlossen. Da diese Patienten keine demografischen oder ätiologischen Unterschiede zur Studiengruppe aufwiesen, wurden sie in die Datenbank aufgenommen und in die statistische Auswertung mit einbezogen.

## Patienten-Kollektiv

Zwischen Januar 2003 und Januar 2005 wurden 182 Patienten eingeschlossen. 61.5% erhielten ein GAV im Rahmen einer Erstimplantation und 38.5% der Patienten erhielten ein GAV im Austausch für ein bereits implantiertes Standard-Differenzdruckventil. Bei 86 Kindern erfolgte die primäre Shunt Anlage, hiervon bei 83 Patienten (96,5%) im ersten Lebensjahr. 83 Kinder waren zum Zeitpunkt der Operation älter als ein Jahr, hierunter waren 21 (25%), die erstmalig einen Shunt bekamen. 13 von 182 ursprünglich eingeschlossenen Patienten wurden von der Studie ausgeschlossen, weil sie aus der Nachsorge gefallen waren (8 Patienten) oder weil sie <3 Monate nach der Platzierung des Shunts aus Gründen verstarben, die nicht mit Hydrozephalus oder dem Shunt zu tun hatten (5 Patienten). Die Ausgangsmerkmale der verbleibenden 169 Patienten sind in den Tabellen 1 und 2 gezeigt. Es wurden 71 Mädchen (42%) und 98 Jungen (58%) im Alter vom Neugeborenen bis 16 Jahren untersucht. Das Durchschnittsalter betrug 4.3 Jahre mit einem Median von 0.93 Jahren.

## Behandlungsprotokoll

Jeder Patient erhielt ein *paediGAV* (Abb. 1) mit einem Öffnungsdruck der Differenzdruck-Komponente von 4 oder 9 cm H<sub>2</sub>O kombiniert mit Öffnungsdruck der Gravitations-Komponente von 14, 19, 24 oder 29 cm H<sub>2</sub>O.

Verfügbare feste Einstellungen waren (in cm H<sub>2</sub>O) 4/14, 4/19, 4/24, 9/19, 9/24 oder 9/29. Die Empfehlungen des Herstellers für die optimale Ventileinstellung lauten 4/24 ( $\leq$  6 Monate), 9/24 (6 Monate bis 5 Jahre) und 9/29 cm H<sub>2</sub>O (> 5 Jahre). Die Indikation für die Operation, das Ausmaß der Haarentfernung, den Ort der Platzierung des Shunts, die Druckstufe, die Operationstechnik, die perioperative Medikation und die anschließende Behandlung von Shunt Dysfunktionen wurde den teilnehmenden Zentren überlassen.

## Nachsorge

Die Patienten wurden perioperativ untersucht und 3, 6, 12 und 24 Monate nach der Operation im Rahmen eines Follow-up Besuches ebenfalls standardisiert evaluiert. Bei nachfolgenden Ventil-erhaltenden Eingriffen innerhalb des Nachbeobachtungs-Zeitraums wurden für jede Intervention eine weitere perioperative Beurteilung hinzugefügt. Wenn der Endpunkt der Ventilexplantation erreicht war, wurden Art und Ort der Shunt-Fehlfunktion aufgezeichnet. Ein Protokoll jeder Bewertung wurde an das Studienbüro gesendet und von der Studienfachkraft auf Vollständigkeit überprüft. Eine Kopie wurde an die Studienzentrale geschickt und von einem unabhängigen Arzt, der nicht zur *paediGAV*-Studiengruppe gehört, begutachtet.

## Primärer und Sekundärer Endpunkt

Der Endpunkt dieser Studie war die Ventilexplantation aufgrund von Überdrainage, Unterdrainage oder Infektion. Das primäre Outcome war das Überleben des Ventils. Dies auch dann, wenn es sich um eine Shunt-Fehlfunktion handelte, die mit einem Ventil erhaltenden Verfahren behandelt wurde. Hierunter fiel auch, wenn der Patient nach mindestens einer abgeschlossenen Nachuntersuchung durch einen nicht-shunt-bedingten Tod aus der Studie fiel. Der sekundäre Endpunkt war das Shunt-Überleben ohne weitere Operation nach der Implantation.

## Statistik

Das Follow-up wurde nach einheitlichen Kriterien durchgeführt. Zu den patientenbezogenen Variablen, die auf ihre Auswirkung auf das Funktionieren von Ventilen untersucht wurden, gehörten die Entität der Krankheit, das Gestationsalter, das Alter zum Zeitpunkt der Shuntanlage und die primäre Shunt-Implantation im Vergleich zum Ventil-Austausch. Die einzige vom Chirurgen gesteuerte Variable war die verwendete Druckstufe. Parameter, die nicht standardisiert bestimmt wurden aufgrund der unterschiedlichen diagnostischen Maßnahmen der teilnehmenden Zentren in Bezug auf Kopfumfang, radiologische Untersuchungen und das Verhältnis des Frontal / Occipital-Horn-Durchmessers, wurden in die Datenbank eingegeben, aber keiner statistischen Analyse unterzogen. Metrische Variablen

wurden als Mittelwerte  $\pm$  SDs, Mediane und Bereiche (Minimum und Maximum) beschrieben. Bei kategorialen Daten wurden Gruppenvergleiche unter Verwendung des Chi-Quadrat- und des Fisher-Exakt-Tests durchgeführt, sofern zutreffend. Da keine Normalverteilung für alle metrischen Variablen angenommen werden kann, wurden der Mann-Whitney-U-Test zum Vergleich der beiden Gruppen und der Wilcoxon-Test für gepaarte Proben verwendet. Alter und Druck wurden jeweils als  $<$  versus  $\geq 1$  Jahr und als  $\leq 4/24$  versus  $\geq 9/19$  cm H<sub>2</sub>O unterteilt. Kaplan-Meier-Kurven wurden als Analysen in Bezug auf Alter und De-novo-Implantation im Vergleich zur Revision durchgeführt. Für die jeweiligen Bestätigungsanalysen wurden der Log-Rank-Test und Cox-Regressionsmodelle verwendet. Das Signifikanzniveau betrug  $\alpha = 0.05$  (2-tailed). Aufgrund des explorativen Charakters der Studie wurde keine Anpassung des  $\alpha$ -Spiegels für Mehrfachtests (Bonferroni-Korrektur) vorgenommen.

## **Ergebnisse**

Ätiologischen Faktoren (Tabelle 2) waren nicht mit der Häufigkeit von Unter- oder Überdrainage, Infektionen oder anderen Ereignissen assoziiert ( $p > 0.005$ , Chi-Quadrat-Test). Das mediane Follow-up bei 169 Patienten, einschließlich derjenigen, die den Endpunkt der Ventil-Explantation erreichten, betrug 21.8 Monate. Zweiunddreißig Patienten (18.9%) mit einem mittleren Follow-up von 12 Monaten wurden als Studienabbrecher eingestuft; 6 von ihnen (3.5%) verstarben  $> 3$  Monate nach der Shunt-Implantation aus nicht-shunt-bezogenen Gründen und 26 (15.4%) nahmen nicht an der Abschlussuntersuchung teil. Die Abbruchgruppe zeigte keine demografischen oder ätiologischen Unterschiede zur Studiengruppe (Wilcoxon-Test).

### Ventileinstellungen

Die Wahl der Öffnungsdruckeinstellungen ( $p_{\text{ö}}$ ) war in den teilnehmenden Zentren sehr unterschiedlich. Die Gesamtverteilung der Ventileinstellungen ist in Abb. 2 dargestellt. Bezüglich des Öffnungsdrucks der Kugel in Konus-Komponente ( $p_{\text{ö}} = 4$

oder 9 cm H<sub>2</sub>O) wurde in 76% der Fälle der höhere p<sub>0</sub> gewählt. In der jüngeren Altersgruppe wurden überwiegend Niederdruckventile eingesetzt (Abb. 3). Die Ventileinstellung war nicht mit der Häufigkeit von Infektionen, Über- oder Unterdrainage verbunden (p > 0.005, Chi-Quadrat-Test). Vorausgesetzt, dass das beschriebene Auswahlmuster vorliegt, korrelierten die verschiedenen Ventileinstellungen nicht mit dem Shunt- oder Ventil-Überleben.

### Frühkomplikationen

Der häufigste Grund für eine chirurgische Revision während der Nachbeobachtungszeit war eine Unterdrainage bei 28 Kindern (16.5%) - aufgrund einer proximalen Katheter-Obstruktion bei 17 (10.0%), einer Ventil-Obstruktion bei 8 (4.7%) und Obstruktion des distalen Katheters bei 3 (1.8%) - gefolgt von Infektion bei 11 (6.5%) und Überdrainage bei 8 Patienten (4.7%; Tabelle 3).

### Shunt-und Ventil-Überleben

Die Gesamtüberlebensrate des Shunts betrug 1 und 2 Jahre nach dem Einsetzen des Shunts 72.6 bzw. 62.0% (Abb. 4). Die Gesamtüberlebensrate der Ventile betrug nach 1 bzw. 2 Jahren 79.2 bzw. 75.6% (Abb. 5). Das Alter zum Zeitpunkt der Implantation zeigte bei Kindern über 1 Jahr einen nicht signifikanten Trend zu besseren Ergebnissen, sowohl hinsichtlich des Shunt-Überlebens (80.0 vs. 65.6% nach 1 Jahr als auch 66.9 vs. 57.4% nach 2 Jahren nach dem Shunt-Einsetzen) als auch hinsichtlich des Ventil-Überlebens (86.2 vs. 72.4% nach 1 Jahr und 80.3% gegenüber 71.1% nach 2 Jahren nach dem Einsetzen des Shunts). Verglichen mit der primären Shunt-Implantation zeigte ein Ventilaustausch einen nicht signifikanten Trend hin zu besseren Ergebnissen in Hinblick auf das Shunt-Überleben (75.2% für den Ventilaustausch gegenüber 71.2% für die primäre Insertion nach 12 Monaten und 64.9% gegenüber 60.3% nach 24 Monaten) als das Ventil-Überleben (82.9% gegenüber 77.0% nach 1 Jahr bzw. 79.6% gegenüber 73.0% nach 2 Jahren). Diese Variablen waren abhängig, da ein jüngeres Alter mit dem Einsetzen des primären Shunts und ein älteres Alter mit dem Austausch der Ventile korrelierte.

## Folgeoperationen

Das durchschnittliche Intervall zwischen der Shunt-Operation und einer Revisions-Operation betrug 3 Wochen bei Infektionen, 3 Monate bei Obstruktionen und 11 Monate bei Überdrainagen. 76 Prozent aller Re-Operationen und 89 Prozent aller Ventil-Explantation wurden innerhalb von 12 Monaten nach der Erstoperation durchgeführt. Das Operationsrisiko verringerte sich in den ersten 2 Jahren nach der Operation alle 6 Monate um 50%.

Ventil erhaltende Operationen weisen nur dann ein geringes Risiko einer nachfolgenden Shunt-Explantation auf, wenn sie früher als 3 Monate nach der ersten Shunt-Platzierung durchgeführt wurden. Nach diesem Intervall hatten sie keinerlei Einfluss auf das Überleben der Ventile. Das Gesamtrisiko einer Ventilexplantation nach einer das Ventil erhaltenden Revision war im Vergleich zu Patienten ohne wiederholte operative Eingriffe nicht erhöht (77.2 vs. 75.3%).

## **Diskussion**

Im Jahr 1998 stellten Drake et al. (Drake et al., 1998) keine signifikanten Unterschiede im Shunt-Überleben zwischen drei gängigen Ventil-Konstruktionen fest: einem Standard-Differenzdruck-Ventil, einem einstellbaren Differenzdruck-Ventil und einem sogenannten durchflussgesteuerten Ventil. Unter Verwendung vergleichbarer Kriterien unterschieden sich unsere Ergebnisse mit den Gravitationsventilen nicht signifikant in Bezug auf das Gesamtüberleben des Shunts. Unter Berücksichtigung einiger methodischer Unterschiede bleibt die Ähnlichkeit der Ergebnisse in beiden Studien - unabhängig von der unterschiedlichen Auslegung aller untersuchten Ventile und den Untersuchungsumständen - auffällig und lässt begründete Zweifel aufkommen, ob Ventilmerkmale basierend auf den frühen Ergebnissen von Shunt-Verfahren überhaupt beurteilt werden können.

Das Überleben des Shunts und des Ventils in den ersten zwei Jahren nach dem Einsetzen scheint hauptsächlich durch die konstant hohe Rate an Frühkomplikationen bestimmt zu sein, die möglicherweise davon abhängen, wie und bei wem die Operation durchgeführt wird, und nicht von einem bestimmten Ventil-Design.

In Bezug auf die häufigsten Frühkomplikationen hat sich bereits gezeigt, dass Shunt-Infektionen mit einer Reihe definierter chirurgischer und logistischer Kriterien zusammenhängen (Choksey & Malik, 2004; Choux, Genitori, Lang, & Lena, 1992). Die hohe Rate mechanischer Komplikationen kann gut mit einer Fehlplatzierung des zentralen Katheters aufgrund eines nicht navigierten Einführens assoziiert werden. Darüber hinaus macht die dynamische Änderung der Proportionen zwischen Gehirnvolumen, Kopfgröße und Ventrikel-Volumen in den ersten 12 bis 24 Monaten bei Kindern unter 1 Jahr zum Zeitpunkt der Implantation des Shunts den proximalen Katheter zum anfälligsten Teil des Shunts Systems. Die hieraus resultierende Migration und Okklusion sind die häufigsten Gründe – 13.6% in unserer Serie - für einen frühen Ausfall des Shunts.

Diese Faktoren sind unabhängig vom Shunt-Design. Wir fanden einen kleinen, aber konstanten Anteil kollabierter Ventrikel nach einer Shunt-Operation trotz der Verwendung von Gravitationsventilen. Abgesehen von der kritischen Betrachtung der korrekten chirurgischen Platzierung des GAV - eine schräge Positionierung der Gravitationseinheit bei der Implantation kann die Liquor-Drainage dauerhaft erhöhen (Park, Kim, & Hwang, 2007) - entsprechen die verfügbaren festen Druckeinstellungen des Ventils möglicherweise eben nicht den hydrostatischen Bedürfnissen im Kindesalter. Ob andere Faktoren als der hydrostatische Druck (z. B. der zeitliche Verlauf eines erhöhten intrakraniellen und intraabdominalen Drucks beim Weinen oder Husten) zu einer Überdrainage beitragen können, ist unbekannt.

Im Gegensatz zu anderen Versuchsanordnungen setzten wir unsere Nachsorge nach Ventil erhaltenden Operationen fort. Die geringe Auswirkung des Austauschs von Ventrikel- oder Bauchkathetern auf das Risiko einer nachfolgenden Ventilentfernung stützt die Annahme, dass die Mehrzahl der frühen Shunt-Probleme unabhängig von Ventil-Merkmalen ist. Ausnahmen können die nachgewiesenen Zusammenhänge zwischen Katheter-Blockade und Ventilen mit hohen Widerständen (Hanlo et al., 2003) und der signifikanten Überdrainage im Zusammenhang mit der Wahl inadäquater Shuntsysteme oder falsch positionierter Ventile sein (Czosnyka et al., 1998).

Die nicht-physiologische Liquordrainage bei chronischer Überdrainage im Kindesalter kann möglicherweise über einen längeren Zeitraum ausgeglichen

werden. Jedoch kann es zu irreversiblen morphologischen und liquordynamischen Folgen im höheren Lebensalter kommen.

Auch hier stützen die Ergebnisse von Drake et al. (Drake et al., 1998) sowie unsere Studiendaten, die trotz der Verwendung wesentlich unterschiedlicher Ventildesigns keine Unterschiede bei den frühen Ergebnissen aufzeigen, die Annahme, dass ein ungenügendes Ventildesign in dieser frühen, klinisch stummen Periode unentdeckt bleiben kann.

Eine signifikante Anzahl dieser anfangs beschwerdefreien Kinder kehrt Jahre später wegen chronischer Kopfschmerzen zurück und weist häufig ein irreversibles Schlitzventrikel-Syndrom auf (Sood, Barrett, Powell, & Ham, 2005).

Wir sind der Ansicht, dass hinsichtlich der klinischen Auswirkungen eines Ventil-Designs die Aufmerksamkeit auf die Langzeitwirkung des Patienten gerichtet werden muss. Die Vermeidung irreversibler Langzeitfolgen würde die derzeit erheblichen Kostenunterschiede zwischen den verschiedenen Ventilkonstruktionen und Zusatzkomponenten rechtfertigen.

Die wahre Hoffnung hinter der Weiterentwicklung des Ventil-Designs liegt in der Verbesserung der psychosozialen Entwicklung und der Lebensqualität von Kindern mit angeborenem oder erworbenem Hydrozephalus. Da die meisten relevanten Kriterien erst im Alter von 5 bis 6 Jahren bewertet werden können (Kulkarni, Rabin, & Drake, 2004), gibt es keine aktuellen Daten, die die Vorteile einer bestimmten Ventilkonstruktion bestätigen. Gleichzeitig ist die Relevanz von Shunt-bedingten morphologischen Veränderungen, die viel früher beurteilt werden könnten, für den Patienten unbekannt.

Wir kommen daher zu dem Schluss, dass wahrscheinlich die einzige wirksame Methode zur Bestimmung der Auswirkung von Ventil-Merkmalen auf das sich entwickelnde Nervensystem bei Kindern mit Hydrozephalus darin besteht, Langzeitprotokolle zu erstellen, in denen zunächst morphologische Daten wie Ventrikel-Ausdehnung und Schädel-Konfiguration schrittweise überwacht werden. Dies erstreckt sich auf die Beurteilung des intrakraniellen Gehirn- und Liquor-Volumens sowie der Spätkomplikationsraten.



## Zusammenfassung

Im Vergleich zu anderen Shunt-Modellen hat die Verwendung eines pädiatrischen Gravitationsventils keinen signifikanten Einfluss auf die Frühkomplikationsrate bei Kindern.

Ventil-erhaltende Revisionen des Shuntsystems erhöhen nicht das Risiko eines nachfolgenden Ventilversagens.

Ein signifikanter Einfluss des Ventildesigns auf die Frühkomplikationsrate in der Shunt-Chirurgie wird durch diese Daten nicht gestützt.

Daher empfehlen wir die Verwendung von Langzeitprotokollen, die sich auf Aspekte der Lebensqualität und der Spätkomplikationsrate konzentrieren und morphologische Daten wie das intrakranielle Gehirn- und Liquorvolumen sowie Schädeleigenschaften überwachen, um den Einfluss von Ventil-Merkmalen bei Kindern mit Hydrozephalus auf das sich entwickelnde Nervensystem zu analysieren.

Die erwartete überlegene klinische Leistung von *paediGAV*, die bisher nur in Labortests nachgewiesen werden konnte (Allin et al., 2006; Oikonomou, Aschoff, Hashemi, & Kunze, 1999), müsste in einer derartigen Langzeitstudie nachgewiesen werden.

## Abbildungen

Tabelle 1:

Age (yrs)	No. of Patients	No. Preterm (%)
0 to <1	86	42
1 to <2	8	2
2 to <4	13	3
4 to <6	10	2
6 to <8	6	1
8 to <10	9	3
10 to <12	10	3
12 to <14	18	4
14 to 16	9	1
total	169	61 (36.1)

Altersverteilung von 169 Patienten mit Hydrozephalus.

Tabelle 2:

Disorder	No. of Cases (%)
hemorrhage	51 (30.2)
dysraphic malformation	40 (23.7)
Chiari malformation	15
Dandy-Walker malformation	5
no specification	20
nondysraphic malformation	14 (8.3)
arachnoid cyst	5
connatal aqueductal stenosis	3
angioma	1
schizencephaly	3
Walker-Warburg syndrome	1
no specification	1
idiopathic	18 (10.7)
infection	16 (9.5)
neoplasm	14 (8.3)
other	13 (7.7)
neurofibromatosis	1
hydranencephaly	1
hypoxia	1
no specification	10
head injury	3 (1.8)

Ursache des Hydrozephalus bei 169 Patienten.

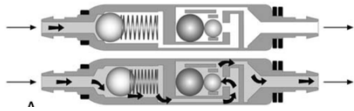
Tabelle 3:

Reason for Op	Cases (%)	
	1st Op Per Patient	Total No. Ops
underdrainage		
proximal catheter obstruction	17 (10.0)	20 (11.8)
valve obstruction	8 (4.7)	8 (4.7)
distal catheter obstruction	3 (1.8)	8 (4.7)
infection	11 (6.5)	13 (7.7)
overdrainage	8 (4.7)	8 (4.7)
unknown	8 (4.7)	8 (4.7)
catheter obstruction	6 (3.6)	9 (5.3)
total	61	74

Revisionsgründe bei 169 Patienten.

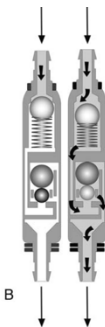
Abbildung 1:

A:



Schematische Darstellung der *paediGAV*-Konstruktion in der horizontalen Position. Die Kugel liegt im geschlossenen Konusfach (normaler ICP) und das Gravitationskompartiment verursacht keinen zusätzlichen Widerstand (oben). Unten: Kugel im offenen Konusfach (ICP > 9 cm H<sub>2</sub>O), mit dem Gravitationsraum offen und ohne zusätzlichen Widerstand: *paediGAV*-Konstruktion in senkrechter Position.

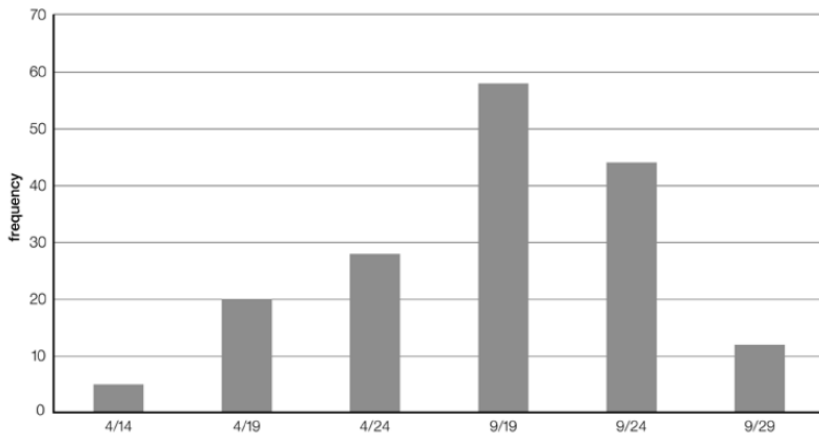
B:



Schematische Darstellung der vertikalen Position des *paediGAV*: Die Kugel befindet sich in der geschlossenen Konuskammer (ICP < 9 cm H<sub>2</sub>O; links), die Gravitationskammer ist geschlossen, somit resultiert ein Gravitationswiderstand von 20 cm H<sub>2</sub>O (links).

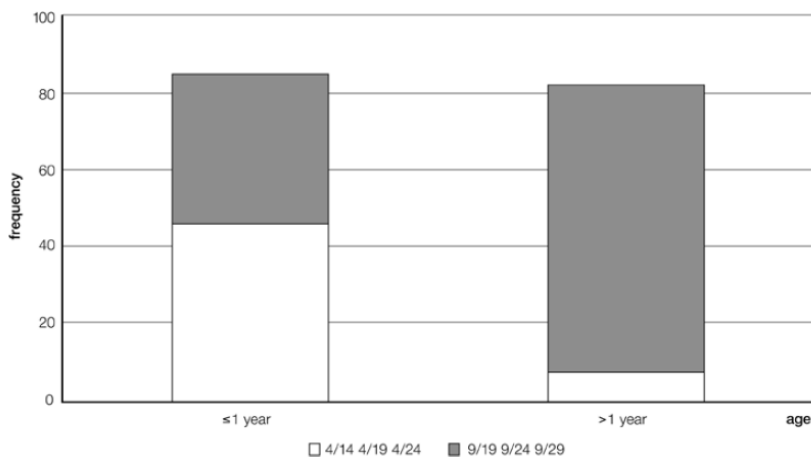
Die Kugel befindet sich im offenen Konusraum (ICP > 9 cm H<sub>2</sub>O), wobei der Gravitationsraum den vollen Gravitationswiderstand (hier: 20 cm H<sub>2</sub>O) liefert und offen ist (rechts): ICP > (9 + 20) = 29 cm H<sub>2</sub>O.

Abbildung 2:



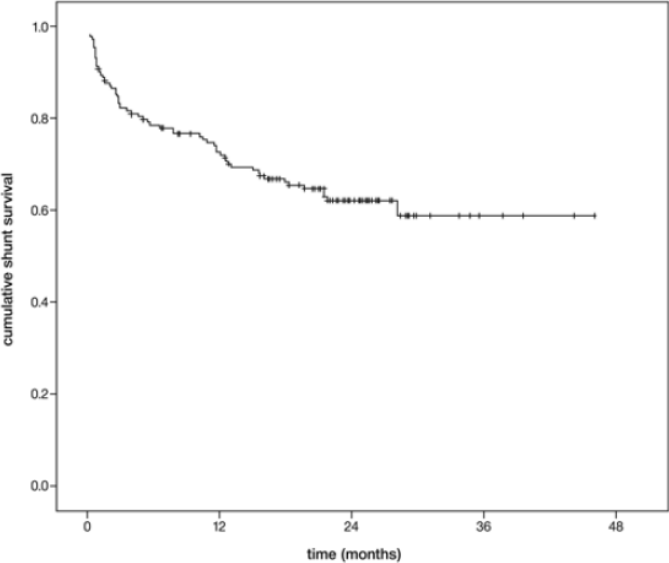
Das Balkendiagramm gibt die Häufigkeit an, mit der die jeweiligen Ventil-Öffnungsstufen verwendet wurden

Abbildung 3:



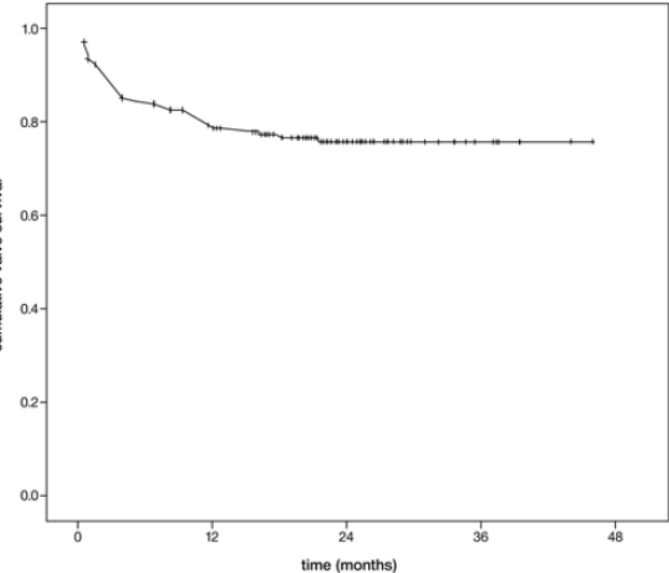
Das Balkendiagramm zeigt die altersabhängige Wahl des Ventil-Öffnungsdruckes ( $p_0$ ).

Abbildung 4:



Kaplan-Meier-Kurve, die das langfristige Überleben des Shunts darstellt.

Abbildung 5:



Die Kaplan-Meier-Kurve zeigt das langfristige Überleben des Ventils an.

Nicht zuletzt seit der „back to sleep Campaign“ haben die Konsultationen auf Grund von Schädeldeformitäten sowohl in der Kinderarztpraxis als auch in unseren Sprechstunden zugenommen. Es handelt sich hier um eine lagerungsbedingte Verformung des knöchernen Schädels, die sowohl den Gehirn- als auch den Gesichtsschädel betreffen kann. Für die Entscheidung der geeigneten Behandlungsmodalität muss individuell im Rahmen der Vorstellung z.B. in der kraniospinalen Sprechstunde die prämatüre Nahtsynostose ausgeschlossen oder bestätigt werden. Liegt ein vorzeitiger Verschluss von einer oder mehrerer Schädelnähte vor, so ist die konservative Therapie mittels Kranioorthese (Helm) kontraindiziert.

### 2.2.1 OPERATIVE THERAPIE VON KINDERN MIT ANGEBORENEN KRANIOSTENOSEN

---

Nahtsynostosen waren schon historisch im Spektrum der Kinderchirurgie am Dr. von Hauner'schen Kinderspital enthalten. Dies zeigt nicht zuletzt die Tatsache, dass federführend von Prof. Ingolf Joppich 2002 die AWMF-Leitlinie „Kraniosynostose“ veröffentlicht wurde (Joppich, 2002).

An der LMU hat sich im Jahr 2002 aus der kraniospinalen Kinderchirurgie heraus die interdisziplinäre Arbeitsgruppe *Kraniosynostosen* gebildet. Initiativ hieran beteiligt war die Kinderchirurgie (Dres. Harald Lochbihler, bis 2004; Alfred Heger, bis 2012; Markus Lehner, bis 2017; seit 2017 Frau Dr. Alexandra Pohl), sowie die Kinderneurochirurgie (Prof. Dr. Aurelia Peraud, bis 2017; PD Dr. Mathias Kunz) und die Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie (Prof. Dr. Dr. Gerson Mast). Sämtliche Patienten mit komplexen Nahtsynostosen werden interdisziplinär evaluiert und im Team operiert.

Die Begriffe Kraniosynostose und Kraniosynostose werden auch in der Fachwelt teilweise synonym verwendet (Cohen, 1986).

Ganz genau betrachtet, stellt der Begriff der Kraniosynostose den Prozess der prämaternen Fusion von Schädelnähten dar, wohin gegen der Begriff Kraniosynostose das Ergebnis eines für das wachsende Gehirn zu kleinen Schädelvolumens beschreibt (Cohen MM, 2000).

Nach Hartmut Collmann geht der Begriff der Kraniosynostose auf Sommering (1791) zurück (Habilitationsschrift 1989, (Collmann, 1988)). Dieser beschreibt die vorzeitige knöcherne Fusion von Schädelnähten sowie die resultierende generelle oder umschriebene Wachstumshemmung des Hirnschädels. Der Begriff "Kraniosynostose" stammt von VIRCHOW (1851) (Collmann, 1988).



**B DIE OSTEOKLASTISCHE KRANIEKTOMIE FÜHRT BEI KINDERN MIT SKAPHOZEPHALUS ZU EINER HARMONISCHEN KOPFFORM IM LANGZEITVERLAUF.**

Publikation (M. Lehner, Ferrari-von Klot, Zundel, & Wendling-Keim, 2019)

*OSTEOCLASTIC CRANIECTOMY FOR SCAPHOCEPHALY IN INFANTS RESULTS IN PHYSIOLOGICAL HEAD SHAPES.*

M. Lehner, F. Ferrari-von Klot, S. Zundel, D. Wendling-Keim

J Cranio-Maxillofacial Surgery. 2019 –  
pii:S1010-5182(19)31113-8.  
doi:10.1016/j.jcms.2019.10.006. ePub ahead  
of print. PMID: 31812312. PubMed.

**IF: 1.942**

Der vorzeitige Verschluss von Schädelnähten (Kraniosynostose) führt zu charakteristischen Schädeldeformitäten. Die Form der Deformität hängt von der betroffenen Schädel-Naht ab.

Frühere Fallberichte haben gezeigt, dass einige Patienten mit Kraniosynostose in den ersten Lebensjahren aufgrund eines erhöhten Hirndrucks zusätzlich ein Papillenödem entwickeln können (Stavrou et al., 1997) (Florisson et al., 2010).

Die Sagittalnaht-Synostose ist mit einer Prävalenz von 1:3000-5000 Geburten die häufigste Form der Kraniosynostose (Thomas et al., 2015). Typischerweise entwickelt sich der Kopf bei der Sagittalnaht Synostose überdurchschnittlich lang verbunden mit einem schmalen und tiefen Hinterkopf, einer sattelförmigen Parietalregion und einer wahrnehmbaren frontalen Erhebung (Hubli, 2014).

Die chirurgischen Optionen reichen von der einfachen Nahtentfernung bis zum vollständigen Umbau des Schädelgewölbes (McCarthy et al., 1995; Renier, Sainte-Rose, Marchac, & Hirsch, 1982).

Derzeitige chirurgische Methoden umfassen die osteoklastische **Kraniektomie (OK)** mit oder ohne offene Rekonstruktion und Refixation der Schädelknochen, die minimal invasive Streifen-Kraniektomie mit postoperativem modulierendem Helm oder Federimplantation, die Schädeldistraktion und die frontale Kranioplastik (Binkiewicz-Glinska et al., 2016; Dempsey et al., 2019) (Prevost et al., 2019). Verschiedene Zentren bevorzugen unterschiedliche Verfahren, es besteht jedoch kein Konsens über die bevorzugte Behandlungsoption.

Um diese Diskussion zu ergänzen, haben wir die intra- und postoperativen Verläufe sowie Langzeitergebnisse nach OK für die Sagittalnaht-Synostose bei Kindern evaluiert.

Das primäre Ziel unserer Studie war es zu analysieren, ob es nach OK bei vier bis zehn Monate alten Kindern mit Skaphozephalie zu normalen Kopfformen kommt.

## **Material und Methoden**

Wir analysierten Daten von 27 Kindern, bei denen zwischen 2003 und 2011 eine OK durchgeführt wurde. Die Patientenakten und Bildgebungsergebnisse wurden aus dem elektronischen Archiv des Klinikums abgerufen.

### Studienpopulation

Siebenundzwanzig Kinder (24 Jungen und 3 Mädchen) wurden in diese Studie aufgenommen. Alle Patienten zeigten das typische klinische Erscheinungsbild der Skaphozephalie (Foto 1a): schmales und tiefes Hinterhauptbein, sattelförmige parietale Region und erkennbare Stirn-Vorwölbung. Die Diagnose wurde durch Ultraschall oder eine Röntgen-Aufnahme des Schädels in zwei Ebenen bestätigt.

Die Fundoskopie wurde routinemäßig durchgeführt, um das Vorhandensein eines erhöhten Hirndrucks auszuschließen. Alle Patienten wurden im Alter zwischen vier und zehn Monaten einer OK unterzogen. Die Operation wurde jeweils von zwei Kinderchirurgen an unserer Einrichtung durchgeführt.

### Operationstechnik

Die OK umfasst die totale Resektion des Schädel-Knochens, frontal bis über die Koronarnähte und rostral bis über die Lambda-Nähte reichend, wie von Hassler et al. 1990 (Sharma et al., 2018) beschrieben.

Das Verfahren folgte einem Standardprotokoll. Ein Kinder-Anästhesist führte eine Vollnarkose durch und war für die intraoperative Bluttransfusion sowie die Verabreichung von Vasopressoren verantwortlich. Tranexamsäure wurde in dieser Kohorte nicht verabreicht. Die Operation begann mit einem wellenförmigen Hautschnitt von Ohr zu Ohr. Dann wurden das Periost und die Haut gemeinsam vom Schädel-Knochen präpariert, zuerst nach vorne, wobei die Koronar-Nähte freigelegt wurden, dann nach hinten bis zu den Lambda-Nähten (Foto 2a). Die Kraniotomie-Ränder wurden mit Methylenblau markiert (Foto 2b). Es wurde eine OK durchgeführt, die vor der Kranz-Naht begann und hinter der Lambda-Naht mit V-förmigen frontalen, temporalen und parietalen Osteotomien mit bi-parietaler Schädelerweiterung endete (Foto 2c). Das Periost wurde mit resorbierbaren Einzelknopf-Nähten verschlossen, und je nach Blutungsmenge wurden zwischen keiner und zwei Silikon drainagen subkutan platziert. Die Subkutis wurde mit Einzelknopfnähten und die Haut mit nicht resorbierbaren fortlaufenden Matratzennähten verschlossen. Der zu erwartende Blutverlust wurde durch Erythrozyten-Transfusionen nach den internationalen Richtlinien für die Kinderanästhesie kompensiert (Hassler & Zentner, 1990).

Nachdem die Patienten nach Abschluss des Verfahrens das Bewusstsein wiedererlangt hatten, wurden sie sofort extubiert und mindestens bis zum ersten postoperativen Tag auf die pädiatrische Intensivstation (pICU) überwacht; postoperative Analgesie (Paracetamol, Dipyron und Morphium) wurde verabreicht, und die Patienten wurden zwischen dem ersten und dritten postoperativen Tag auf

die allgemeine kinderchirurgische Station gebracht. Unmittelbar nach dem Eingriff wurde die orale Nahrungsaufnahme zugelassen, und Cefuroxim wurde verabreicht, bis die Drainagen entfernt waren. Die Patienten wurden an den postoperativen Tagen vier bis acht entlassen, je nach Bedarf an Opioiden zur Schmerzbehandlung.

### Patientenauswertung

Die Patienten wurden zehn Tage, sechs Wochen, drei Monate und zwölf Monate nach der Operation und danach jährlich in unserer Kraniospinalen Sprechstunde untersucht.

Der Fokus unserer Studie während der Nachbeobachtungszeit lag auf einem normalen und symmetrischen Kopfwachstum. Daher wurden bei jeder Konsultation die folgenden Messungen durchgeführt: Kopfumfang und Schädeldurchmesser, die für die Berechnung des Schädel-Index (CI) und des Schädel-Asymmetrie-Index (CVAI) erforderlich sind.

Da die Folgekonsultationen nicht in identischen Abständen stattfanden, war das Alter der Kinder bei den Konsultationen unterschiedlich. Wir haben daher nicht die ersten oder zweiten Folgemessungen verglichen, sondern die Messungen in einem bestimmten Alter.

Wir gruppieren die Daten in Zeiträume, die bei Kindern im Alter von 2 bis 4 Jahren, 5 bis 7 Jahren und 8 bis 10 Jahren durchgeführt wurden.

Das Ausmaß der erneuten Verknöcherung wurde durch Abtasten des Schädels bewertet. Die Überprüfung der Re-Ossifikation durch Röntgenstrahlen wurde nicht durchgeführt, um ionisierende Strahlen zu vermeiden. Die Re-Ossifikation wurde auf einen Wert von  $> 95\%$  befundet, wenn bei einer umfassenden körperlichen Untersuchung keine Läsion größer als 1 cm mehr festgestellt wurde. Bei diesen Konsultationen wurden auch Unregelmäßigkeiten des neuen Schädelknochens dokumentiert.

Zu einem Zeitpunkt, mindestens drei Jahre nach dem Eingriff, wurden die Eltern per Fragebogen über ihre Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis befragt.

## Statistik

Metrische Variablen werden als Minimum, Maximum, Median und Mittelwert beschrieben. Die statistischen Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mit dem Pearsons Chi-Quadrat-Test sowie einer Bootstrap-Analyse getestet.

Die statistische Analyse wurde mit IBM SPSS Statistics 20.0 und Microsoft EXCEL 365 durchgeführt. Die statistische Signifikanz wurde auf ein Alpha-Niveau von  $P \leq 0.05$  festgelegt. Alle identifizierenden Informationen wurden aus Gründen der Anonymität irreversibel aus den Daten entfernt.

## **Ergebnisse**

Wir präsentieren die klinischen und ästhetischen Ergebnisse von 27 konsekutiven pädiatrischen Patienten (24 Jungen und 3 Mädchen), die an unserer Einrichtung aufgrund einer Sagittalnaht-Synostose operiert wurden. Die mittlere Nachbeobachtungszeit betrug 6.3 Jahre (min. 3.8, max. 10.4, Median 7.1).

Das mittlere Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation betrug 6.75 Monate (min. 4.6, max. 10.2, Median 6.4). Das Körpergewicht der Patienten lag zwischen 6.1 und 9.3 kg mit einem Mittelwert von 8.0 kg (Median 8.1). Die durchschnittliche Operationsdauer betrug 108 Minuten (Bereich 85-145, Median 110). Der mittlere Blutverlust während des Eingriffs (wie vom Operateur geschätzt) betrug 168 ml (min. 130, max. 200, Median 170) und die mittlere Menge an transfundiertem Erythrozyten Konzentrat betrug 152 ml (min. 100, max. 180, Median 150), wie im Anästhesieprotokoll dokumentiert. Zwei Patienten erhielten auch frisch gefrorenes Plasma. Drei Patienten benötigten intraoperative Katecholamine. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation betrug 1.48 Tage (mindestens 1, höchstens 3, Median 2) und die durchschnittliche Gesamtverweildauer im Krankenhaus 5.81 Tage (mindestens 4, höchstens 8, Median 6). Der postoperative Verlauf verlief in allen Fällen komplikationslos und es

wurde keine Wundinfektion oder Liquor-Leckage festgestellt. Eine Zusammenfassung dieser Daten ist in Tabelle 1 dargestellt.

Der Beginn einer Re-Ossifikation wurde entweder bei der Nachuntersuchung nach sechs Wochen oder nach drei Monaten durch klinische Untersuchung beobachtet, wobei Knocheninseln zuerst in der Schläfenregion tastbar waren. 22 Patienten (81,5%) zeigten innerhalb von 12 bis 24 Monaten eine nahezu vollständige postoperative Re-Ossifikation (> 95%). Bei fünf Patienten war der Prozess der erneuten Verknöcherung langsamer, erreichte jedoch bei allen Patienten innerhalb der Nachbeobachtungszeit die Marke von > 95%.

In keinem Fall waren künstliche Knochentransplantationen oder Re-Operationen erforderlich. Typischerweise zeigten alle operierten Schädel fingerabdruckartige Unregelmäßigkeiten des neuen Schädel-Knochens. Diese Unregelmäßigkeiten wurden regelmäßig beobachtet und verschwanden während der Nachbeobachtungszeit bei keinem der Patienten.

### Kopfumfang

In allen Fällen betrug das mittlere Kopfwachstum während der Nachbeobachtungszeit 9.5 cm absolut im Vergleich zum präoperativen Kopfumfang ( $p = 0.002$ ; Abbildung 2).

Bei der Analyse des mittleren Kopfwachstums mittels Bootstrapping-Analyse zeigten die drei beschriebenen Altersgruppen in allen Fällen eine signifikante Zunahme des Kopfumfanges nach der Operation: Gruppe 1,  $p = 0.003$ ; Gruppe 2,  $p = 0.005$  und Gruppe 3,  $p = 0.028$  (Tabelle 3).

### Schädel-Index, Cephalic Index (CI)

Die Auswertung des CI zeigte eine statistisch signifikante Veränderung von einem mittleren präoperativen pathologischen Wert von 0.6 (im Vergleich zu Farkas et al. (Farkas et al., 2005)) zu einem mittleren postoperativen Wert von 0.78 während der Follow-up-Analyse aller Patienten ( $p < 0.001$ ) (Tabelle 2; Abbildung 1).

Um diese Ergebnisse zu überprüfen, haben wir eine Bootstrapping-Analyse durchgeführt. Basierend auf einem 1000-maligen Bootstrapping war während des ersten Zeitraums (Gruppe 1, 2-4 Jahre) war ein Anstieg des mittleren CI zu verzeichnen. Dies erreichte zunächst keine statistische Signifikanz ( $p = 0.351$ ) (Tabelle 4). Die Analyse des zweiten Zeitraums (Gruppe 2, 5-7 Jahre) und des dritten Zeitraums (Gruppe 3, 8-10 Jahre) ergab jedoch, dass der CI in diesen beiden Gruppen signifikant erhöht war (Gruppe 2,  $p = 0.016$ ; Gruppe 3,  $p = 0.037$ ; Tabelle 4). Daher scheint bei Patienten nach OK der Umformungsprozess des Kopfes unmittelbar nach der Operation zu beginnen, doch wurde 5 Jahre später eine statistisch signifikante Verbesserung erreicht.

Eltern und Betreuer gaben eine hohe Zufriedenheitsrate an: 93.75% empfanden ein ausgezeichnetes oder gutes Ergebnis, ein Beispiel zeigt Foto 1b. 6.25% gaben eine mäßige Zufriedenheit mit dem Ergebnis an, da sie mit der sichtbaren Narbe unzufrieden waren.

### Vorteile der OK

Durch die OK wird der Kopf im Verlauf der Nachbeobachtung zu einem normalen ästhetischen Erscheinungsbild umgeformt. Es sind nach diesem Verfahren keine modulierenden Helme erforderlich, da das Gehirn selbst den Kopf umformt und das Gehirnwachstum symmetrisch ist. Die Operation hat zwar keinen direkten Einfluss auf das Ergebnis, da sie nicht modulierend eingreift. Das kosmetische Ergebnis ist jedoch auch nicht abhängig von dem Tragen eines Helmes mit unterschiedlicher Compliance des Patienten oder der Betreuungsperson(en).

## Diskussion

Während des ersten Lebensjahres wächst das Gehirn sehr schnell, zunächst sogar exponentiell. Ein vorzeitiger Verschluss der Sagittalnaht führt zu typischen stigmatisierenden Schädeldeformitäten und kann das Risiko eines erhöhten Hirndrucks erhöhen.

Vor dem Alter von zwölf Monaten gleichen die offenen Nähte die geschlossenen Nähte aus und verhindern in der Regel eine intrakranielle Hypertonie. Nach dem ersten Geburtstag ist dieser Mechanismus deutlich vermindert oder gar erschöpft. Köpfe mit geschlossenen Nähten bleiben kleiner als die von gesunden Kindern, und das Risiko einer intrakraniellen Hypertonie ist enorm. Am Ende des zweiten Lebensjahres hat das Gehirn 80% seiner endgültigen Größe erreicht (Zöller, 2003). Ein frühzeitiger chirurgischer Eingriff bei vorzeitigem Verschluss von Schädelnähten im ersten Lebensjahr verhindert einen erhöhten Hirndruck und die Bildung schwerer Schädeldeformitäten (Renier et al., 1982) (McCarthy et al., 1995). Die Kraniosynostosen-Reparatur bei Kindern mit Skaphozephalie normalisiert das intrakranielle Volumen sowie die Form des Kopfes (Mertens et al., 2017). Periost und Dura mater sind anatomische Strukturen, die den Prozess der erneuten Verknöcherung auslösen können.

Der postoperative Kopfumfang in unserer Studienpopulation nahm signifikant zu und postoperative Messungen zeigten eine symmetrische Kopfform. Der pathologische CI stieg während der Nachbeobachtungszeit in den Normalbereich an. Beide Parameter (Kopfwachstum und CI-Normalisierung) sind zuverlässige Indikatoren für eine valide und erfolgreiche Operation bei Kindern mit Skaphozephalie (Mertens et al., 2017) (Likus et al., 2014) und daher gültige Surrogat-Parameter für eine suffiziente Kraniosynostosen-Korrektur bei Kindern.

Unsere Ergebnisse zeigten, dass Patienten mit OK ein normales Kopfwachstum aufweisen, das sich im Verlauf der Nachsorge nicht signifikant vom Kopfwachstum ansonsten gesunder Kinder unterscheidet.



Nach dem chirurgischen Eingriff stieg der CI ebenfalls auf normale Werte an. Likus et al. definierte einen CI von  $81.45 \pm 7.06$  als Normalbereich (Yoo, Rah, & Kim, 2012). Der mittlere postoperative Wert des CI in unserer Kohorte lag mit 78.1 im Normbereich. Unsere Daten stimmen mit den jüngsten Veröffentlichungen von Mertens et al. und Sharma et al. (Mertens et al., 2017) (Likus et al., 2014) überein.

Bei der vollständigen Schädeldach-Rekonstruktion verbessert sich der CI direkt nach der Operation. Bemerkenswerterweise waren bei Kindern, bei denen eine OK durchgeführt wurde, aufgrund der geschilderten Operationstechnik weder der Kopfumfang noch der CI direkt postoperativ beeinflusst. Unsere Daten zeigen, dass sich während einer Nachbeobachtungszeit von durchschnittlich 6.3 Jahren sowohl der Kopfumfang als auch der CI normalisierten. Nach unserem besten Wissen ist dies die erste Studie, die dieses Phänomen beschreibt.

#### Schädel-Asymmetrie-Index (CVAI)

Der mittlere postoperative CVAI in unserer Serie betrug 2.63, was darauf hinweist, dass eine nahezu symmetrische Kopfform resultierte (van Veelen et al., 2018).

Die mittlere Operationsdauer für die minimal-invasive Kraniosynostosen-Reparatur liegt zwischen 63 Minuten (Chan et al., 2013) und 75 Minuten (Seruya, Oh, et al., 2012b). Unsere Operationszeit für OK war mit durchschnittlich 108 Minuten etwas länger und die Dauer ist direkt proportional zum Blutverlust, was von Bedeutung ist (Yan et al., 2018). Unserer Meinung nach wird die etwas längere Operationszeit jedoch durch das hervorragende ästhetische Erscheinungsbild und das normale Kopfwachstum nach der Operation mehr als ausgeglichen. Bei Endoskop-gestützten Eingriffen müssen Kinder mehrere Monate einen Modellierhelm tragen (Jimenez & Barone, 1998). Dies ist eine relevante Belastung für die Familien und wirkt sich auf die täglichen Aktivitäten aus, wie kürzlich von Yan et al. (Yan et al., 2018). Yan argumentiert, dass helmbasierte Therapien Kinder und ihre Familien im sozialen Umfeld stigmatisieren und ein Risiko für Dekubitus und Nichteinhaltung darstellen (Yan et al., 2018). Im Jahr 2017 analysierten Nguyen et al. 100 Kinder, die mit der endoskopisch assistierten Methode behandelt wurden und kamen zu dem Schluss, dass die Helmtherapie der wichtigste Erfolgsfaktor für diese Methode war (Nguyen

et al., 2017). Nichtbeachtung gefährdet das kosmetische Ergebnis dieses Verfahrens. Auf die OK hin verändert sich der Kopf der Patienten durch das physiologische Wachstum des Gehirns ohne äußere Einflüsse, sozusagen automatisch. Da dieses Wachstum symmetrisch ist, sind hervorragende kosmetische Ergebnisse zu erwarten. Die Operation hat direkten Einfluss auf das Ergebnis und es besteht keine Abhängigkeit von der Compliance des Patienten.

Viele Autoren betrachten die endoskopische Technik und die Helmtherapie als praktikable Therapieoption für Kinder bis zum Alter von drei Monaten (Persing, 2004) (Jimenez & Barone, 2000) (Freudlsperger, 2015). Da die meisten Patienten - einschließlich der an unserer Einrichtung behandelten - in einem späteren Alter erstmalig vorstellig werden, empfehlen wir OK als hervorragende Option für Kinder, die für die endoskopisch assistierte Methode zu alt sind.

Freudlsperger et al. veröffentlichten einen Artikel über die verschiedenen Therapieoptionen für Patienten mit Kraniosynostose und kamen zu dem Schluss, dass die offene Operationstechnik in den meisten großen Zentren immer noch die bevorzugte Technik sei (Freudlsperger, 2015). Ein weiteres Argument für das offene Verfahren wurde von Chan et al. veröffentlicht, der argumentierte, dass das Risiko von intraoperativen Komplikationen bei endoskopischen Eingriffen aufgrund schlechter Sicht erhöht ist (Seruya, Oh, et al., 2012b).

### Grenzen der Studie

Die Grenzen dieser Studie liegen in ihrem retrospektiven Design und in der relativ geringen Anzahl von Patienten aufgrund der geringen Prävalenz dieser Fehlbildung. Darüber hinaus konnten wir keine Kontrollgruppe einbeziehen, da es unethisch wäre, die Operation nicht für Patienten durchzuführen, die sie benötigten, oder Kinder einzubeziehen, die aus verschiedenen Gründen nicht operiert wurden.

Wir haben subjektive Daten zum Re-Ossifikations-Prozess bewusst akzeptiert, weil wir den Strahlenschutz höher eingeschätzt haben. Daher konnten Dicke und Qualität des neuen Knochens in dieser Studie nicht analysiert werden. Es wurde beschrieben, dass die Magnetresonanztomographie (MRT) mit "black bone Sequenzen" möglicherweise strahlenbasierte Kopf-Scan-Untersuchungen bei

Säuglingen und Kindern ersetzt (Yan et al., 2018; Yoo et al., 2012). Diese Methode könnte verwendet werden, um z.B. den Fortschritt der erneuten Verknöcherung bei Kindern zu quantifizieren.

## **Zusammenfassung**

Wir konnten im Rahmen dieser Erhebung zeigen, dass die OK während der Nachbeobachtungszeit zu symmetrischen Kopfformen mit normalem Kopfwachstum führt. Es ist keine Helmtherapie erforderlich. Die OK ist eine praktikable und sichere Behandlungsoption bei Kindern im Alter von vier bis zehn Monaten mit Skaphozephalie. Bisher wurden keine Langzeitdaten veröffentlicht, die den offenen und den endoskopischen Ansatz vergleichen. Weitere Untersuchungen mit großen Kohorten sind erforderlich, um in dieser laufenden Debatte eine endgültige Schlussfolgerung zu ziehen.

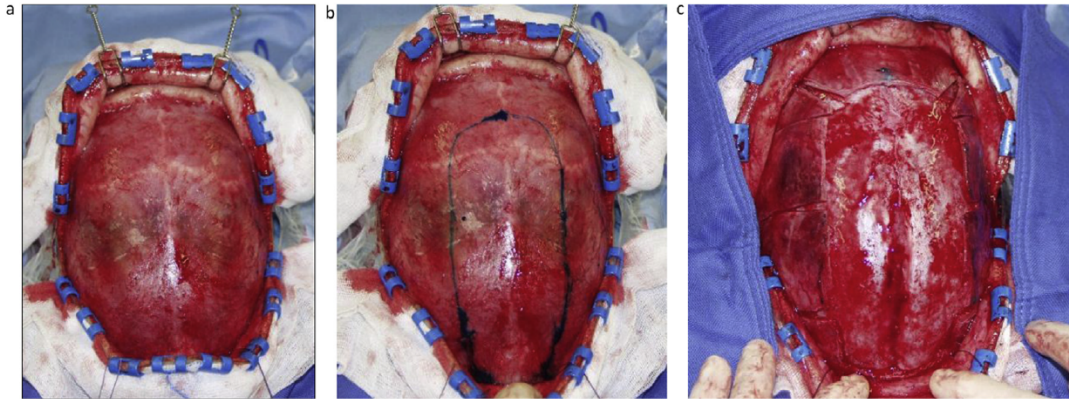
## Anhang

Fotos 1 a und b



- a: Präoperativer Aspekt eines typischen Scaphocephalus bei einem vier Monate alten Patienten.
- b: Postoperatives ästhetisches Ergebnis des gleichen Patienten im Alter von 15 Monaten (8 Monate postoperativ).

Fotos 2a, b und c:

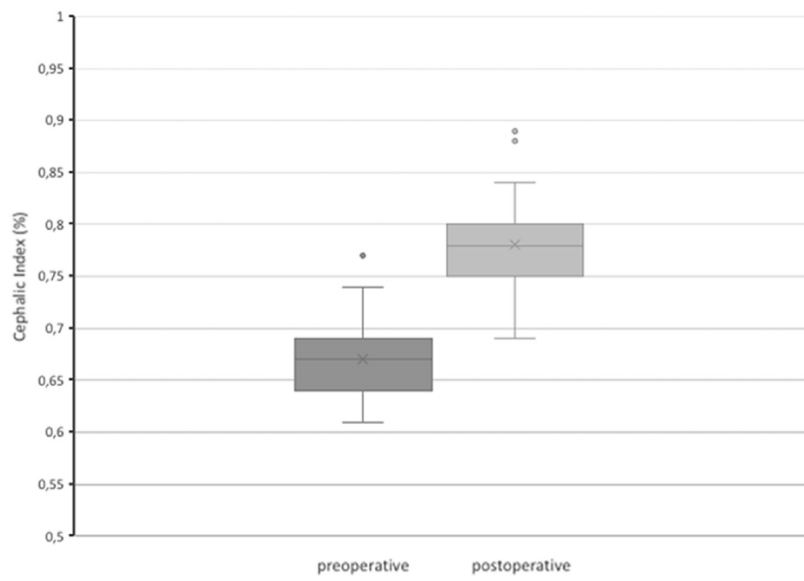


a: Nach dem wellenförmigen Hautschnitt wurden die Koronar- und Lambda-Nähte freigelegt.

b: Die Kraniotomieränder wurden mit Methylenblau gekennzeichnet.

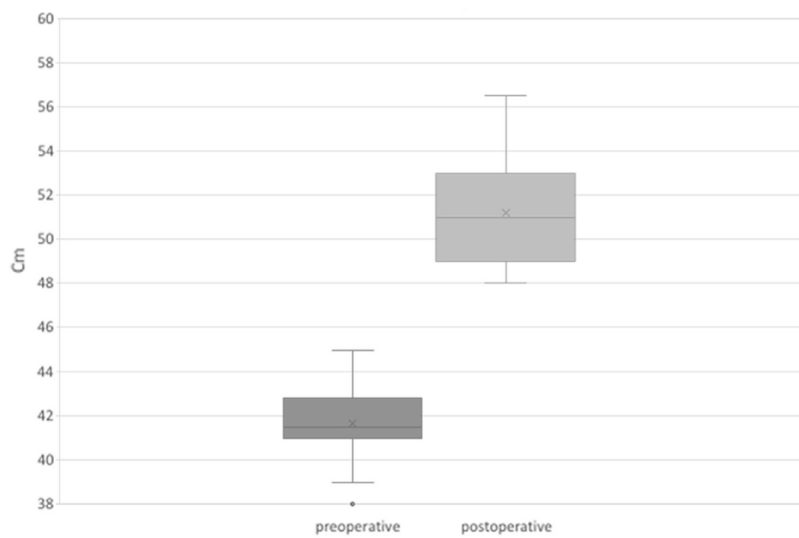
c: Die Kraniektomie wurde durchgeführt. V-förmige Exzisionen wurden an den Frontal-, Temporal- und Parietallappen auf jeder Seite vorgenommen.

Abbildung 1:



Der prä-postoperative Cephalic Index (CI),  $p < 0.001$

Abbildung 2:



Der prä- und postoperative Kopfumfang,  $p = 0.002$

Tabelle 1:

Parameter	Min	Max	Median	Mean
Age at operation (months)	4.6	10.2	6.4	6.75
Body weight at operation (kg)	6.1	9.3	8.1	8
Operation time (minutes)	85	145	110	108
Blood loss (ml)	130	200	170	168
Transfusion of erythrocytes (ml)	100	180	150	152
ICU (days)	1	3	2	1.48
Total hospital stay (days)	4	8	6	5.81
Follow-up period (years)	3.8	10.4	7.1	6.3

Patientenparameter und perioperativer Verlauf.

Tabelle 2:

Parameter	Min	Max	Median	Mean	<i>p</i>
Preoperative cephalic index (CI)	0.61	0.77	0.67	0.67	<0.001
Postoperative cephalic index (CI)	0.69	0.89	0.78	0.78	<0.001
Cranial vault asymmetry index (CVAI, %)	0	6	3	2.63	–
Absolute growth of head circumference	3.8	15	10	9.5	–
Preoperative head circumference (cm)	38	45	41.5	41.68	0.002
Postoperative head circumference (cm)	48	56.5	51	51.19	0.002

Anthropometrische Parameter am Ende der Nachuntersuchung, berechnet bei jedem Patienten.

Tabelle 3:

		Head circumference (cm)	Delta, mean (cm)	<i>n</i>	<i>p</i> -value
Group 1 (2–4 years)	Prior to intervention	41.2	9	27	0.003
	Follow-up	50.2			
Group 2 (5–7 years)	Prior to intervention	41.5	10	20	0.005
	Follow-up	51.5			
Group 3 (8–10 years)	Prior to intervention	42.2	9.66	15	0.028
	Follow-up	51.76			

Bootstrap-Analyse des Kopfumfangs, Gruppe 1 - 3.

Tabelle 4:

		Cephalic index (cm)	Delta, mean (cm)	n	p-value
Group 1 (2–4 years)	Prior to intervention	0.67	0.05	27	0.351
	Follow up	0.72			
Group 2 (5–7 years)	Prior to intervention	0.67	0.07	20	0.016
	Follow up	0.74			
Group 3 (8–10 years)	Prior to intervention	0.67	0.11	15	0.037
	Follow up	0.78			

Bootstrap-Analyse von CI, Gruppe 1 - 3.



**C      IMPLEMENTIERUNG UND EVALUATION EINER NEUEN CAD GESTÜTZTEN  
OP-TECHNIK FÜR DIE OPERATIVE KORREKTUR VON PRÄMATUREN  
KRANIOSTENOSEN IM KINDESALTER.**

Publikation (Lehner M, 2020)

***ON-SITE CAD TEMPLATES REDUCE SURGERY TIME FOR  
COMPLEX CRANIOSTENOSIS REPAIR IN INFANTS: A NEW  
METHOD.***

**M. Lehner**, D. Wendling-Keim, M. Kunz, S. Deininger,  
S. Zundel, A. Peraud, G. Mast.

Child's Nervous Syst. 2020 – DOI:  
10.1007/s00381-019-04474-9, epub ahead of  
print, PubMed.

**IF 1.327**

Den Schwerpunkt der Kraniospinalen Kinderchirurgie stellt mittlerweile die Diagnostik und Therapie von prämaternen Nahtsynostosen respektive Kraniosynostosen im Rahmen der Interdisziplinären Arbeitsgruppe mit Kollegen der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie den Kollegen der Kinderneurochirurgie am Klinikum der Universität dar. Hier konnten wir eine neue, bisher nicht beschriebene Methode zur operativen Versorgung der Kinder mit Schädelnahtsynostosen und hieraus resultierenden erheblichen Schädeldeformierungen entwickeln.

Prämature Nahtsynostosen stellen komplexe Fehlbildungen dar, werden durch die vorzeitige Fusion einer oder mehrerer Schädelnähte verursacht und umfassen verschiedene Anomalien sowohl der Weichteile als auch der Schädelknochen (Flaherty, Singh, & Richtsmeier, 2016).

Die Indikation zur operativen Therapie basiert auf dem Risiko, einen erhöhten intrakraniellen Druck (ICP) zu entwickeln (Bertelsen, 1958; Rigi, Almarzouqi, Morgan, & Lee, 2015) sowie auf der Tatsache, dass bei Nichtbehandlung es zu einer Stigmatisierung insbesondere durch die Auffälligkeiten des Gesichts-Schädels kommt (Hankinson, Fontana, Anderson, & Feldstein, 2010; Mathijssen, 2015; Renier et al., 1982). Wie in einer zuvor durchgeführten Single-Center-Beobachtungsstudie gezeigt, verbessert die chirurgische Korrektur der Metopika-Naht-Synostose nicht nur das ästhetische Erscheinungsbild, sondern auch die neurologische Entwicklung der betroffenen Kinder (Kunz et al., 2014).

Die chirurgische Korrektur der Kraniostenose ist eine komplexe Behandlung. Da das supraorbitale Bandeau die zentrale Komponente in dieser kraniofazialen Rekonstruktion darstellt (Renier, Lajeunie, Arnaud, & Marchac, 2000; Salyer & Hall, 1990), wurden in den vergangenen Jahren unterschiedlich Arbeitswerkzeuge entwickelt, die den Chirurgen bei der operativen Korrektur der Kraniostenosen unterstützen: Aluminiumschablonen (Mommaerts et al., 2001), dreidimensionale Modelle (Danelson, Gordon, David, & Stitzel, 2009), Schablonen für virtuelle Chirurgie und Schnitte (Mardini, Alsubaie, Cayci, Chim, & Wetjen, 2014; Pappa, Richardson, Webb, & May, 2009; Seruya et al., 2013), datenbankbasierte statistische Modelle (Hochfeld et al., 2014; Saber et al., 2012), bioaktive Implantate (Probst, Hutmacher, Muller, Machens, & Schantz, 2010) und statistische Formgebung (Rodriguez-Florez et al., 2017).

In dieser Studie sollte untersucht werden, ob eine verfeinerte CAD-gestützte Technik das Verfahren zur Korrektur von Kraniostenosen bei Säuglingen vereinfacht und verbessert. Die Studiengruppe wurde mit einer Kontrollgruppe verglichen, die vor Einführung der CAD-Technik behandelt wurde.

## **Material & Methoden**

Diese Studie analysiert Patienten, die an einem Kinderkrankenhaus aufgrund einer Kraniostenose behandelt wurden. Die Korrektur von Kraniostenosen wird seit 2002

an der LMU routinemäßig von unserem interdisziplinären Team bestehend aus Kinderchirurgen (Dres. Harald Lochbihler (bis 2004), Alfred Heger (bis 2012), Markus Lehner (bis 2017) und Alexandra Pohl (seit 2017), Neurochirurgen (Prof. Aurelia Peraud (bis 2017), PD Mathias Kunz) und MKG-Chirurgen (Prof. Gerson Mast) durchgeführt. Das Verfahren der computergestützten Konstruktions- und Fertigungstechnik (CAD / CAM) wurde 2012 eingeführt.

### Patientenauswahl

In die Studie eingeschlossen wurden Kinder, bei denen verschiedene Formen einer komplexen Kraniosteose diagnostiziert wurden und die sich im Verlauf einem fronto-orbitalen Advancement (FOA) unterzogen hatten: Trigonozephalie oder uni- und bilaterale Kraniostenose der Koronarnaht.

Eingeschlossen wurden Patienten, die von 2012 bis 2017 an unserer Einrichtung unter Verwendung von CAD / CAM-Schablonen und -Formen operiert wurden (Gruppe 2, Studiengruppe). Diese Kinder wurden hinsichtlich der Ätiologie der Kraniostenose, des syndromalen Zusammentreffens, des Alters bei der Computertomographie (CT) und des Alters beim operativen Eingriff mit einer zuvor behandelten Kontrollgruppe (Gruppe 1, Kontrollgruppe) verglichen. Diese Patienten wurden zwischen 2005 und 2011 operiert, ohne dass eine virtuelle präoperative Planung erfolgte.

Gruppe 1 (Kontrollgruppe, ohne CAD / CAM-Planung) umfasste vier Kinder mit Trigonozephalie, drei Kinder mit einseitiger Koronarsynostose und ein Kind mit einer syndromalen, bilateralen Koronarsynostose mit Pfeiffer-Syndrom.

Gruppe 2 (Studiengruppe, CAD / CAM geplant) umfasste zwei Kinder mit Trigonozephalie, fünf Kinder mit einseitiger Koronarsynostose und ein Kind mit einer syndromalen bilateralen Koronarsynostose mit VACTERL-Syndrom.

### Vorgehen

Alle Patienten wurden präoperativ mit einem CT des Neurokraniums, einschließlich des Unterkiefers, untersucht.

Die Korrekturoperationen für die Patienten der Gruppe 1 wurden nicht mittels PVP (Preoperative Virtual Planning) durchgeführt.

Die Schneideschablonen und Formen für die Patienten der Gruppe 2 wurden mit dem 3-D-Planungssystem Proplan CMF (Materialise®, Heverlee, Belgien) in interaktiven Planungssitzungen entworfen. Die CAD / CAM-konstruierten Hilfsmittel wurden verwendet, um die korrekten Osteotomie-Ebenen zu definieren. Modellierungs-Schablonen wurden verwendet, um das supraorbitale Band ex situ umzuformen und die umgeformten Segmente in der richtigen Position zu fixieren.

Die Daten aller Patienten wurden hinsichtlich der Entität der Kraniostenose, des Alters bei der Kopf-CT, der CAD / CAM-Planungszeit (Gruppe 2), des Alters bei der Operation, der Operationszeit, der Verweildauer auf der Intensivstation (ICU) und des gesamten Krankenhausaufenthalts analysiert. Komplikationen und ästhetische Ergebnisse wurden ausgewertet. In Bezug auf Blutverlust und Transfusion wurde für alle Patienten das digitale Anästhesieprotokoll analysiert. Der Kinder-Anästhesist war während der Operationen für das Volumen- und Vasopressor-Management verantwortlich. Die Bluttransfusionen wurden nach den internationalen Richtlinien der Kinderanästhesiologie verabreicht (Stricker et al., 2017).

#### Operationstechnik, modifiziert

Die bei der Kraniostenosen-Reparatur übliche Technik besteht in der Herstellung präoperativ gestalteter, individuell geformter Schneideschablonen und -Formen (Foto 1). Die Technik wurde von Soleman et al. (Soleman, Thieringer, Beinemann, Kunz, & Guzman, 2015) und Chim et al. (Chim, Wetjen, & Mardini, 2014) dargestellt. Um diese Technik zu verfeinern, verwenden wir Schablonen, mit denen der Chirurg das supraorbitale Bandeau extrakorporal auf einem Beistelltisch umformen und fixieren sowie die intrakorporale Passform vor Ort kontrollieren kann, ohne die Formen zu entfernen (Fotos 2 und 6).

Nach einem wellenförmigen Hautschnitt von Ohr zu Ohr wurden in beiden Gruppen die frontale Kraniotomie und die Osteotomie des supraorbitalen Bandeaus nach unserem Routineverfahren wie durch Kunz et al. beschrieben (Kunz et al., 2014) durchgeführt.

In der Behandlungsgruppe 2 wurden die Kraniotomien durch die vorgefertigten Schneideschablonen (Foto 1) unterstützt, die direkt auf den freiliegenden Schädel gelegt werden konnten. Wir verwendeten die von van der Meulen beschriebene Nut-Technik (Chim et al., 2014). Nach Abschluss der geplanten Kraniotomien der fronto-orbitalen Region überprüften wir die korrekte Augmentation des geplanten Bandeaus (Foto 2). Der Knochen des supraorbitalen Bandeaus wurde gemäß den CAD-Formen entweder osteotomiert oder durch Kortikotomien geschwächt (Foto 3). Anschließend wurde das segmentierte Bandeau in die Formschablone gebracht und mit Titanschrauben vorübergehend in der gewünschten Position von außen fixiert (Foto 4). Nach der Positionierung wurden die Segmente mit biologisch abbaubaren Platten und Schrauben (DepuySynthes®, Schweiz) unter Verwendung des Sonic Weld RX®-Systems (KLS Martin®, Tuttlingen, Deutschland) auf der intrakraniellen Oberfläche des Knochens stabilisiert (Foto 4). Um die Passform des Bandeau's zu kontrollieren, konnten die Chirurgen die Schablone einschließlich des autologen Knochens in den Situs bringen (Foto 5). Schließlich wurden die Schrauben und die Schablone vom Bandeau entfernt, und dieses mit biologisch abbaubaren Platten und Schrauben am Schädel befestigt (DepuySynthes®, Schweiz; Foto 6).

### Ästhetische Ergebnisse

Die postoperativen ästhetischen Ergebnisse wurden von vier der Autoren (AP, GM, MK und ML) ausgewertet, um festzustellen, ob die Breite der Stirn zufriedenstellend korrigiert wurde. Die Kopfformen wurden aus drei verschiedenen Positionen (Vorder-, Seiten- und Oberansicht) fotografisch dokumentiert und mit der präoperativen Form und Streckung des Vorderkopfes verglichen. Außerdem wurden die Eltern während der Nachuntersuchungen zu ihrer Zufriedenheit mit den ästhetischen Ergebnissen befragt. Die Eltern wurden gebeten, ihre Zufriedenheit auf einer linearen Skala zu bewerten: 0-1: schlechte Ergebnisse, 2-4: mäßige Ergebnisse, 5-7: gute Ergebnisse und 8-10 hervorragende Ergebnisse.

## Statistik

Metrische Variablen wurden als Minimum, Maximum, Median und Mittelwert beschrieben. Die statistischen Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mit dem Pearson-Chi-Quadrat-Test und dem T-Test für unabhängige Stichproben getestet. Die statistische Analyse wurde mit IBM SPSS 20.0 und Microsoft EXCEL 365 durchgeführt. Die statistische Signifikanz wurde auf ein Alpha-Niveau von  $P \leq 0.05$  festgelegt. Alle Daten wurden irreversibel anonymisiert.

## **Ergebnisse**

Zunächst wurde die Demografie beider Gruppen statistisch analysiert, um eine Verzerrung der Auswahl auszuschließen. Alle Patienten wurden präoperativ mit einem CT-Scan des Kopfes untersucht: in Gruppe 1 im Alter von durchschnittlich 6.20 Monaten (min. 4.08, max. 7.43, Median 5.97) und in Gruppe 2 im Alter von durchschnittlich 8.68 Monaten (min. 3.32, max. 10.19) Median 7.69;  $p = 0.146$ , t-Test; Tabelle 1). Zum Zeitpunkt der rekonstruktiven Chirurgie ergab sich kein signifikanter Altersunterschied (Chi-Quadrat-Test) zwischen den beiden Gruppen: Gruppe 1 wurde im Alter von durchschnittlich 8.93 Monaten (min. 6.38, max. 13.18, Median 9.23) und Gruppe 2 im Alter von 12.25 Monatsmittel (min. 10.62, max. 14.83, Median 12.33,  $p = 0.246$ ; Tabelle 1) operiert. Die Nachbeobachtungszeit war zwischen den beiden Gruppen mit einem Mittelwert von 5.47 Jahren (min. 1.42, max. 8.14, Median 5.11) in Gruppe 1 und 3.56 Jahren (min. 1.19, max. 5.02, Median 3.33) in Gruppe 2 nicht signifikant unterschiedlich ( $p = 0,106$ , t-Test; Tabelle 1).

## **Präoperative Parameter**

### CAD / CAM-Planungszeit

Die präoperative Planungszeit für das 3D-Planungssystem Proplan CMF (Materialise®, Heverlee, Belgien) betrug durchschnittlich 152 Minuten (min. 90, max. 215, Median 155), wobei der Trend aufgrund der positiven Lernkurve sowohl des Chirurgen als auch des Ingenieurs hin zu kürzeren Sitzungen führte (Tabelle 1).

### Zeitraum zwischen Schädel- CT und Operation

Die Zeitspanne zwischen der Schädel-CT und der endgültigen operativen Rekonstruktion war in beiden Gruppen unterschiedlich, erreichte jedoch keine statistische Signifikanz ( $p = 0.084$ , Tabelle 1): Gruppe 1 zeigte eine mittlere Zeitspanne von 2.47 Monaten (min 1.82, max 5.75, Median 3.26) und Gruppe 2 zeigte einen mittleren Zeitraum von 5.16 Monaten (min. 2.30, max. 8.15, Median 5.08). Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der letzte in die Studie einbezogene Patient 8.15 Monate nach Durchführung der CT-Untersuchung operiert wurde, waren beide Gruppen homogener ( $p = 0.21$ ), wobei Gruppe 1 einen mittleren Zeitraum von 2.47 Monaten (min 1.82, max 5.75) aufwies, Median 3.26; t-Test) und Gruppe 2, einen mittleren Zeitraum von 4.73 Monaten (min. 2.30, max. 7.82, Median 4.64; t-Test). Die Operation wurde bei Patienten der Gruppe 2 fast 8 bis 10 Wochen später als bei Patienten der Gruppe 1 durchgeführt.

## **Intraoperative Parameter**

### CAD / CAM Passform

Im operativen Situs ergab sich eine gute Passform der Schablonen bei allen CAD-geplanten Patienten (Gruppe 2), mit Ausnahme des letzten in die Studie einbezogenen Patienten. In diesem Fall wurde der Zeitraum zwischen CT und Operation mit 8.15 Monaten am längsten analysiert. Während dieser Zeit wuchs der

Kopf erheblich und dementsprechend passte der Schädelknochen nicht ordentlich in die Schneideschablone. Interessanterweise waren die Schnittführungen und Formen für die Mobilisierung und Modulierung des supraorbitalen Bandeaus in allen Fällen genau, einschließlich des achten Patienten, was darauf hinwies, dass das Mittelgesicht nicht so stark wuchs.

### Operationszeit

Die Operationszeit war in Gruppe 2 mit durchschnittlich 4 Stunden 25 Minuten (min. 3:22, max. 5:40, Median 4:32) signifikant kürzer als in Gruppe 1 mit durchschnittlich 5 Stunden 37 Minuten (min. 4:25) max 6:20, Median 5:32;  $p = 0.038$ ; Tabelle 1).

### Blutverlust, Substitution von Blut und FFP

Tabelle 1 zeigt den Blutverlust während der Operationen in jeder Gruppe. Gruppe 1 zeigte einen signifikant höheren Blutverlust ( $p = 0.047$ , t-Test) mit einem Mittelwert von 575 ml (min. 250 ml, max. 850 ml, Median 393 ml) in Gruppe 1 und einem entsprechenden Mittelwert von 380 ml (min. 110 und max 850 ml; Median 393 ml;) in Gruppe 2.

Das Gesamtvolumen der Bluttransfusionen war in Gruppe 2 mit einem Mittelwert von 285 ml (min. 190 ml, max. 550 ml, Median 320) niedriger als in Gruppe 1 mit einem Mittelwert von 400 ml (min. 200 ml, max. 800 ml, Median 425 ml ), dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant ( $p = 0.108$ , t-Test;).

In Gruppe 2 betrug das mittlere Transfusionsvolumen von FFP 140 ml (min. 0 ml, max. 450 ml, Median 166 ml), während dieses in Gruppe 1 275 ml (min. 150 ml, max. 500 ml, Median 275 ml;  $p = 0.019$ ) betrug t-Test;). Ein Patient aus jeder Gruppe erhielt während der Operation Fibrinogen.



## **Postoperative Parameter**

### Dauer des Aufenthalts auf der pädiatrischen Intensivstation (PICU)

Der Beobachtungszeitraum auf der Intensivstation war für Gruppe 2 mit einem Mittelwert von 3 Tagen (min 2, max 4, Median 2,75) signifikant kürzer als in Gruppe 1 mit einem Mittelwert von 5 Tagen (min 3, max 5, Median 4,6;  $p = 0.002$ , t-Test; Tabelle 1).

### Dauer des Krankenhausaufenthaltes

Die Gesamtdauer des Krankenhausaufenthaltes war in Gruppe 2 mit einem Mittelwert von 6 Tagen (min. 4, max. 8, Median 5.88) signifikant kürzer als in Gruppe 1 mit einem Mittelwert von 8 Tagen (min. 7, max. 9, Median 8.25;  $p = 0.002$ , t-Test; Tabelle 1).

### Perioperativer Verlauf

Alle Patienten erhielten in den ersten drei postoperativen Tagen eine Antibiotikatherapie (Cephalosporin 2. Generation). Bei einem Patienten in jeder Gruppe kam es intraoperativ zu einer Blutung aus dem Sinus sagittalis superior, was den hohen Blutverlust in beiden Gruppen erklärt. Alle Patienten wurden innerhalb von 3 Stunden nach Operationsende extubiert. Es wurden keine Infektionen oder Liquorleckagen festgestellt. Alle Kinder entwickelten eine periokuläre Schwellung in unterschiedlichem Ausmaß, die sich während des Krankenhausaufenthaltes vollständig zurückbildete. Bei 8 Patienten wurde eine deutliche Hautspannung mit Ausbildung einer breiten Narbe im Schläfenbereich beobachtet, es wurde jedoch keine Haut- oder Knochennekrose festgestellt. Die Hautschnitte wurden in Wellen ausgeführt, so dass bei allen Patienten die Haare die Narbe ausreichend bedeckten. Bei drei (Gruppe 2) und vier (Gruppe 1) Kindern wurde etwa 12 bis 18 Monate nach der Operation eine vorübergehende Schwellung um die resorbierbaren Platten und Schrauben beobachtet. Es war keine chirurgische Therapie erforderlich, die aseptische Reaktion verschwand innerhalb der folgenden 6 Monate.

## Ästhetische Ergebnisse

Die Verlängerung der Stirn war bei allen nicht-syndromen Patienten hervorragend. Die Zufriedenheit der Eltern wurde bei 50% der Patienten in Gruppe 1 und 62.5% der Patienten in Gruppe 2 als ausgezeichnet, bei 37.5% der Patienten in Gruppe 1 und 25% der Patienten in Gruppe 2 als gut und bei beiden syndromalen Patienten als moderat dokumentiert Gruppe (Pfeiffer und VACTERL: 12.5%); zwischen beiden Gruppen bestanden keine signifikanten Unterschiede ( $p = 0.19$ , t-test;). Während der Nachbeobachtungszeit zeigten die syndromalen Patienten klinisch eine ausgeprägte Mittelgesichtsskoliose bei dem Patienten mit Pfeiffer-Syndrom und eine offensichtliche Mittelgesichtsasymmetrie bei dem Patienten mit VACTERL-Syndrom.

Bei keinem der Patienten war eine erneute Korrektur-Operation erforderlich.

## **Diskussion**

Die Kraniostenosen-Reparatur bei Säuglingen und Kleinkindern bleibt eine umfangreiche Operation mit den damit verbundenen Risiken.

Obwohl dies nicht immer lebensbedrohlich ist, stellen Blutverlust und die nötigen Bluttransfusionen mit ihren spezifischen Nebenwirkungen die größten Risiken dieser Operationen dar (White et al., 2009). Neben anderen haben White et al. eine Operationsdauer von mehr als 5 Stunden als signifikanten Parameter für einen erhöhten Blutverlust und den damit verbundenen Risiken definiert (Seruya, Oh, et al., 2012b; White et al., 2009). Neben der intraoperativen Gabe von Tranexamsäure (Seruya, Oh, Rogers, Han, et al., 2012) bleibt die Verkürzung des operativen Eingriffes eine wirksame Methode zur Reduzierung des Blutverlusts (Martin, Wang, Hanna, Stovall, & Lin, 2015; Seruya, Oh, et al., 2012a; Seruya, Oh, Rogers, Han, et al., 2012). In unserer Serie sank die durchschnittliche OP-Zeit mithilfe der in situ Formen erheblich auf 4 Stunden und 25 Minuten ( $p = 0.038$ ). Diese Beobachtung zeigt, dass diese neue Technik unter Verwendung von präoperativer virtueller

Planung (PVP) und in situ Formen es dem Chirurgen-Team ermöglicht, das supraorbitale Band (Bandeau) bedeutend schneller am Schädel umzuformen und zu re-fixieren.

### Handhabung der Schablonen

In allen Fällen zeigten die Vorlagen eine hervorragende Passform. Eine Ausnahme trat nach einer Verzögerung von 8.15 Monaten von der Planung bis zur Operation auf. Das durchschnittliche Wachstum des Patienten führte zu einer Fehlpassung, die kein technisches Problem des CAD / CAM-Verfahrens war. Die Verzögerung bei der Operation wurde hauptsächlich durch die Web-Sitzungen und die Herstellung der Schneideführungen / -schablonen, die Koordination des interdisziplinären Teams und die Verfügbarkeit von Operationsslots verursacht. Die Passform, insbesondere der Schnittführungen kranial, war in diesem Fall nicht wie erwartet. Um die besten intraoperativen Bedingungen und die beste Passform zu gewährleisten, empfehlen wir, dass die operative Korrektur dieser komplexen Kraniostenose nicht später als fünf Monate nach der Durchführung des CT-Scans geplant wird. In unserer Serie betrug der mittlere Zeitraum 5.16 Monate (Gruppe 2), was zu gut passenden Vorlagen führte. Eine längere Dauer erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Fehlpassung aufgrund des normalen Kopfwachstums.

Im Gegensatz zu Soleman et al. (Soleman et al., 2015). verwendeten wir in unserer Serie keine statischen Negativ-Vorlagen, die nicht auch in situ verwendet werden konnten.

Die vorgestellte Operationsmethode ermöglicht es dem Chirurgen-Team, das neue Bandeau bei Bedarf direkt vor Ort zu überprüfen (Foto 5). Auch während der Fixierung kann die Form verändert werden, um eine perfekte Passform zu gewährleisten. Für die Umformung ist die intraoperative Verwendung der Schablonen von Vorteil. Nach unserem Kenntnisstand wurde ein derartiger Vorteil in der Literatur bisher nicht beschrieben.

### Präoperative Bildgebungsstudien

Für alle in die Studie einbezogenen Säuglinge wurde präoperativ ein CT-Scan des Kopfes durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Strahlenexposition (M. Lehner,

Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, & Kurz, 2018; Pearce et al., 2012) wurde das CT-Protokoll für Säuglinge mit deutlich geringeren Dosen angepasst. Es wurde beschrieben, dass die Magnetresonanztomographie (MRT) mit "black bone Sequenzen" möglicherweise den Bedarf an CT-Untersuchungen ersetzt (Eley, Watt-Smith, & Golding, 2017a, 2017b), sie wurde jedoch noch nicht in der klinischen Anwendung für die virtuelle Operationsplanung implementiert. Zukünftig werden Verbesserungen bei den nichtionisierenden Methoden entwickelt, sodass es möglich erscheint, dass MRT-Studien für die Planung von Korrektur-Operationen bei Nahtsynostosen herangezogen werden könnten. Ergänzend könnten sich dann auch genaue Lokalisierung der venösen Sinus bereits präoperativ darstellen lassen, um eine Perforation zu vermeiden, wodurch das Morbiditätsrisiko des Patienten minimiert wird (Iyer et al., 2018).

### Zeitpunkt der Operation

In dieser Kohorte wurde das FOA im Alter von 8.93 Monaten (Gruppe 1) und 12.25 Monaten (Gruppe 2) durchgeführt. Der optimale Zeitrahmen für das FOA bleibt in der Literatur umstritten. Argumente für eine spätere Operation beziehen sich auf den dünnen Schädelknochen bei einer Operation vor dem 6. Lebensmonat. Die erneute Fixierung des Bandeaux mit resorbierbaren Platten und Schrauben kann dann eine Herausforderung darstellen. Wenn der Patient älter ist, ist der Schädelknochen möglicherweise zu dick, was zu einem unbequemen Umformungsverfahren führt. In unserer Kohorte wurden Kinder in Gruppe 2 aufgrund der Planungssitzungen und der Verfügbarkeit des Teams mit einem Durchschnittsalter von 12.25 Monaten operiert. Die Autoren schlagen vor, dass der optimale Zeitrahmen für die Durchführung einer FOA zwischen 9 und 14 Monaten liegt, was der jüngsten Literatur entspricht: Safi et al. stellten ein Durchschnittsalter von 9.3 Monaten vor (Safi et al., 2018), Bennett et al. berichteten über ein Durchschnittsalter von 11 Monaten (Bennett et al., 2018) und Ghaffar et al. berichteten über ein Durchschnittsalter von 14 Monaten (Ghaffar, Hussain, Qasmi, & Chaudhry, 2016).

### Klinischer Verlauf

Trotz der Größe des operativen Eingriffs in dieser sehr jungen Altersgruppe mit erheblichem Blutverlust wurden keine Komplikationen beobachtet. Für alle Kinder waren Bluttransfusionen erforderlich. Das Risiko von Komplikationen nach einer Bluttransfusion wurde unter Verwendung der CAD-Technik signifikant verringert, da das Ausmaß des Blutverlustes und folglich das Ausmaß der Transfusion verringert werden konnte.

In der vorliegenden Studie waren die ästhetischen Ergebnisse bei fast allen Kindern zufriedenstellend, wie von den Eltern und behandelnden Ärzten bewertet. Diese Bewertung kann jedoch von beiden Seiten voreingenommen sein. Prospektive dreidimensionale prä- und postoperative digitale Messungen der Stirn sollten daher in Zukunft durchgeführt werden. Die in der Literatur angegebenen Komplikationen, einschließlich Infektion, Hämatom, Serom, Liquorleckage und wiederkehrender bitemporaler Verengung, die wiederholte chirurgische Eingriffe erfordern, wurden in dieser Serie nicht beobachtet. Hormozi et al. berichteten über acht Revisionen bei 60 Patienten nach Korrektur der Trigonozephalie (Hormozi, Shahverdiani, Mohammadi, Zali, & Mofrad, 2011). In der Literatur ist eine Re-Operationsrate von bis zu 15% aufgrund einer seitlichen Inkongruenz nicht ungewöhnlich (Renier et al., 2000; van der Meulen et al., 2008).

### Vorteile der beschriebenen Methode

CAD / CAM von Schneidföhrungen und -schablonen optimiert die operative Effizienz, Präzision und Genauigkeit in der Kraniostenosen-Chirurgie. Nicht nur, weil diese Methode die Lernkurve für zukünftige Auszubildende beschleunigen kann (Seruya et al., 2013), sondern auch, weil die Verwendung der veranschaulichten verfeinerten Technik für die Planung und Durchführung der kranio-fazialen Korrektur bei Säuglingen von Vorteil ist. Das Bandeau konnte schneller und genauer ausgeführt werden.

Wie bereits von Lo-Presti et al. gezeigt wurde, konnten wir auch nachweisen, dass die Verwendung von Schneideschablonen die komplexe kranio-faziale rekonstruktive Chirurgie unter Verwendung von autologem Knochen erleichtert

(Melissa LoPresti, 2017). Die postoperativen Ergebnisse bleiben präzise und reproduzierbar, wie in dieser Serie von 8 Säuglingen gezeigt, ähnlich wie bei Queiros et al. (Queiros et al., 2017).

Diese verfeinerte Technik könnte sich besonders in Fällen als hilfreich erweisen, in denen eine leichte Hyperkorrektur des supraorbitalen Balkens von Vorteil wäre (Bennett et al., 2018). Bei der asymmetrischen Kraniosynostose richtet sich diese Hyperkorrektur derzeit nach dem subjektiven Eindruck der Chirurgen. Die CAD-Technik könnte verwendet werden, um die Hyperkorrektur präoperativ zu definieren. Die vor Ort verwendbaren Schablonen unterstützen den Nachweis der korrekten Augmentation vor der endgültigen Fixierung des Bandeaux, was zu einem genaueren Ergebnis führt.

### Vorteile der PVP-Technik

Neben den beschriebenen intraoperativen Vorteilen weist die präoperative virtuelle Planung mehrere weitere Vorteile auf.

Erstens für die Betreuer des Patienten:

Dementsprechend könnten die Eltern bei der Durchführung dieser virtuellen Planung die Operation präoperativ antizipieren. Das Vorgehen wurde den Betreuern anhand von Prints oder 3-D-Modellen demonstriert (Mardini et al., 2014).

Zweitens Medizinstudenten:

Diese komplexen chirurgischen Fälle und deren chirurgische Strategie ließen sich durch die CAD-Technik den Medizinstudierenden und Medizinpraktikanten leicht erklären.

Drittens Chirurgen in der Ausbildung:

Für Chirurgen in der Ausbildung in der kraniofazialen Chirurgie sind die Verfahren besonders schwierig, da die meisten Operationen ein hohes Risiko bergen und ein kleiner Fehler tödlich sein kann. Wie von Ghizoni et al. beschrieben, könnten an diesen 3-D-Modellen zum Beispiel die Osteotomien als Trainingsverfahren durchgeführt werden (Ghizoni et al., 2018).

Nicht zuletzt bietet PVP für den Chirurgen die Möglichkeit, Skelettsegmente virtuell zu manipulieren und die daraus resultierenden Ergebnisse virtuell und im 3D-Druck zu analysieren (Fisher, Medina, Bojovic, Ahn, & Dorafshar, 2016). Chirurgische Fachkenntnisse und Techniken sind erforderlich, um die besten ästhetischen und funktionellen Ergebnisse zu erzielen und die Patientensicherheit zu verbessern (Ghizoni et al., 2018). Die Chirurgen sollten mit dem Fall vertraut sein und die spezifischen anatomischen Bedingungen und Probleme vor der Operation kennen. Wie Fischer et al. erklären, sollte die sogenannte „freie Hand“-Technik bei diesen komplexen Operationen beseitigt werden. Jeder Schnitt und jede Konstruktion sollte so präzise sein wie am Computermodell geplant (Fisher et al., 2016).

Dieses Ziel kann erreicht werden, indem z.B. eine Überkorrektur bei asymmetrischer Kraniosynostose geplant wird. Bei diesen Patienten könnte eine leichte Überkorrektur zu geplanten, genau definierten und damit exakten Ergebnissen erzielen.

### Einschränkungen

Einschränkungen dieser Studie sind das retrospektive Design sowie die geringe Anzahl der Patienten, die auf das seltene Auftreten der Fehlbildung zurückzuführen sind. Der Fokus dieser Studie lag nicht auf den detaillierten ästhetischen Ergebnissen. Objektive Messungen mittels 3-D-Scanning vor und nach der Operation hätten einen weiteren Einblick in die Wirksamkeit des Verfahrens gegeben.

### **Fazit:**

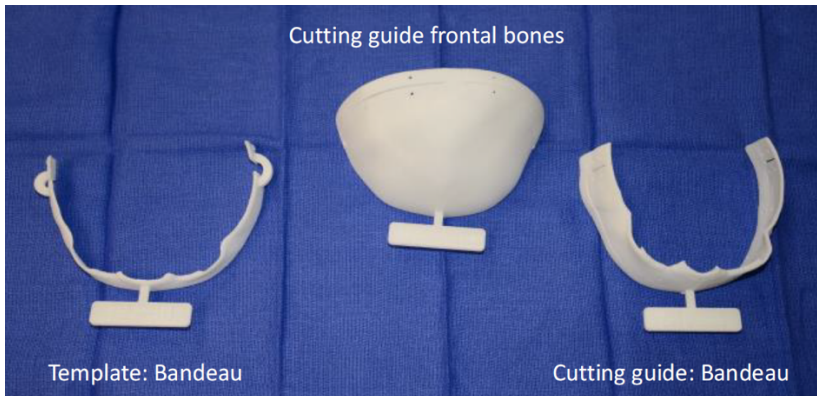
CAD / CAM-Schnittführungen und -Schablonen optimieren die operative Effizienz, Präzision und Genauigkeit bei der Kraniosynostosen-Chirurgie bei Säuglingen. Wie in dieser single center Beobachtungsstudie gezeigt, beschleunigt die Verwendung von in situ-Schablonen die Rekonstruktion des Bandeaux erheblich und reduziert somit die Menge an Blutverlust, die Rate der Bluttransfusionen sowie den gesamten Krankenhausaufenthalt. Nach unserem besten Wissen ist dies die erste Studie, in

der die präoperativ geplante Operation zur Korrektur von Kraniostenosen mit einer Gruppe von Freihandoperationen verglichen wird. Weitere Untersuchungen unter Verwendung standardisierter Bildgebungstechniken während der Nachuntersuchung in einer größeren Kohorte sind erforderlich.



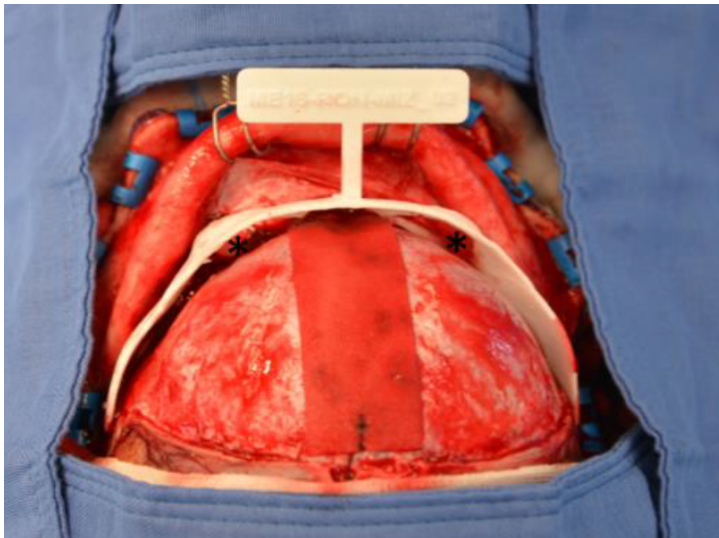
## Anhang

Foto 1



Die CAD / CAM-Schnittführungen für den frontalen Kalvarienknochen und das präparierte sterile Bandeau sind betriebsbereit. Auf der linken Seite ist die Rekonstruktionsschablone zum Wiederaufbau des Supraorbitalstabs dargestellt. Hinweis: Die Schablone für die Supraorbitalspange (Bandeau) ist kleiner als die Schnittführung, damit sie vor Ort einfach angepasst werden kann.

Foto 2:



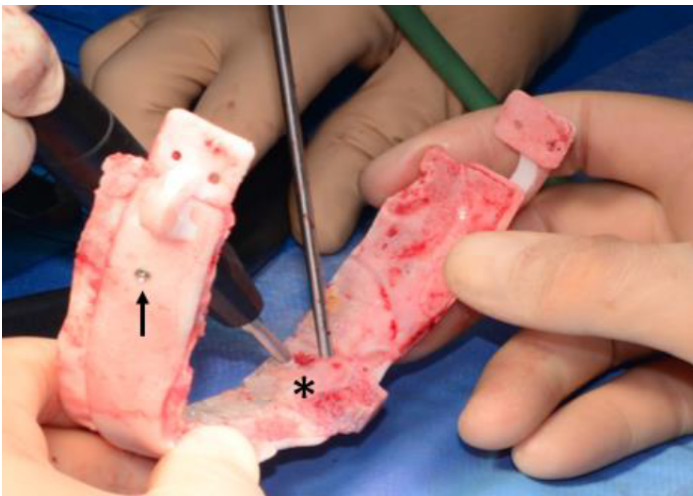
Bei einem Patienten mit Trigonocephalie wird das CAD-Ergebnis vor Ort mit den platzierten Schablonen vor der erneuten Fixierung des Bandeaus überprüft. Beachten Sie die Vergrößerung der Frontorbitalregion auf beiden Seiten (Sternchen).

Foto 3:



Die Kortikotomien des Bandeaus wurden wie in der Schnitthanleitung angegeben durchgeführt.

Foto 4



Das neue Bandeau wird konstruiert und mit resorbierbaren Platten und Schrauben (Sternchen) in der Schablone fixiert. Hinweis: Die Schablone (temporär mit Titanschrauben fixiert, Pfeil) ist zur einfachen Justierung vor Ort in der Höhengausdehnung schmaler.

Foto 5:



Das supraorbitale Bandeau kann vor Ort eingepasst werden.

Foto 6:



Die Schablone und die Titanschrauben wurden entfernt. Die Form des neuen Bandeaus entspricht genau der Vorlage.

Tabelle 1:

	Group 1 (w/o CAD)				Group 2 (CAD)				p-value
	min	max	median	mean	min	max	median	mean	
Age at head CT (months)	4.08	7.43	5.97	6.20	3.32	10.19	7.69	8.68	0.146
Age at reconstructive surgery (months)	6.38	13.18	9.23	8.93	10.62	14.83	12.33	12.25	0.246
Time period head CT – surgery (months)	1.81	5.75	3.26	2.47	2.3	8.15	5.08	5.16	0.084
CAD planning time (min)	-	-	-	-	90	215	155	152	-
Follow-up period (years)	1.42	8.14	5.11	5.47	1.19	5.02	3.33	3.56	0.106
Operation time (hours:minutes)	04:25	06:20	05:32	05:37	03:22	05:40	04:32	04:25	0.038
PICU stay (days)	3	5	4.63	5	1	4	2.75	3	0.002
Total of hospital stay (days)	7	9	8.25	8	4	8	5.88	6	0.002
Blood loss (ml)	320	1000	596	575	110	850	393	380	0.047
Blood transfusion (ml)	200	800	425	400	190	550	320	285	0.108
Fresh frozen plasma (FFP) transfusion (ml)	150	500	275	275	0	450	166	140	0.019

Die beiden Gruppen waren in den aufgeführten Parametern vergleichbar: Alter bei Kopf-CT, Alter bei Operation, Nachbeobachtungszeitraum und Zeitraum von Kopf-CT bis OP,  $p > 0.05$ . Die neue Methode zeigt Vorteile, einschließlich einer signifikanten Reduzierung des OP Zeit, PICU-Aufenthalt und Gesamtdauer des Krankenhausaufenthalts (Tage).

## 2.2.2 KONSERVATIVE THERAPIE DES LAGERUNGSBEDINGTEN

### PLAGIOZEPHALUS

---

Abzugrenzen von den operativ zu versorgenden Kraniostenosen sind die einfachen Schädeldach-Verformungen, bei denen sämtliche Schädelnähte als offen zu diagnostizieren sind, sich aber der Schädel asymmetrisch entwickelt. Hier liegt kein Missverhältnis zwischen Gehirnwachstum und knöchernem Schädelwachstum vor.

Der sogenannte lagerungsbedingte Plagiozephalus hat seit der Einführung der Empfehlung zur Rückenlagerung der Neugeborenen Ende der 1990er Jahre wesentlich an Bedeutung gewonnen. Etwa 35% der Neugeborenen weisen eine mehr oder weniger ausgeprägte Schädeldeformierung auf.

Hierbei ist die Unterscheidung zu den kongenitalen Nahtsynostosen von großer Bedeutung. Diese gelingt meist sicher, da der lagerungsbedingte Plagiozephalus eine Verschiebung der Kopfform in Parallelogramm-Form verursacht, während die Koronar- oder Lambdanahtsynostose diese nicht zeigt. Hier kommt es zu einer Deformierung in Rauten-Form.

**D INNOVATIVER PARAMETER ZUR INDIKATIONSSTELLUNG FÜR DIE KRANIO-  
ORTHESE BEIM LAGERUNGSBEDINGTEN PLAGIOZEPHALUS: DIE GRÖÖE DER  
VORDEREN FONTANELLE SPIELT EINE ROLLE.**

PUBLIKATION (WENDLING-KEIM, MACE, LOCHBIHLER, DIETZ,  
& LEHNER, 2019)

***A NEW PARAMETER FOR THE MANAGEMENT OF POSITIONAL  
PLAGIOCEPHALY: THE SIZE OF THE ANTERIOR FONTANELLE  
MATTERS.***

Wendling-Keim DS, Macé Y, Lochbihler H, Dietz HG,  
**Lehner M**

Childs Nerv Syst. 2019 Jun 17. doi:  
10.1007/s00381-019-04215-y. PubMed.

**IF: 1.327**

Die lagerungsbedingte Plagiozephalie stellt eine erworbene Abflachung des Hinterhauptes im Säuglingsalter dar. Sie tritt typischerweise durch längeres Aufliegen und Druck in diesem Bereich auf. Die prämaternen Nahtsynostosen sind von dieser Entität abzugrenzen (Flannery et al., 2016).

Internationale Richtlinien zur Vorbeugung des plötzlichen Kindstodes (SIDS, sudden infant death syndrome; plötzliches Kindstod-Syndrom) führten bereits 1992 zu der allgemeinen Empfehlung, Säuglinge im Schlaf auf den Rücken zu legen, wodurch sich die Rate des plötzlichen Kindstodes signifikant verringerte (Pediatrics, 1992). Seit Inkrafttreten dieser Empfehlungen wurde eine erhöhte Rate von Abflachungen des Hinterkopfes bei Neugeborenen und jungen Säuglingen beobachtet, so dass eine Assoziation von Rückenlage und Plagiozephalie vermutet wurde, obwohl die

Kausalität bislang nicht sicher belegt werden konnte (De Bock, Braun, & Renz-Polster, 2017; van Vlimmeren et al., 2017).

Frühere Studien haben gezeigt, dass der Prozentsatz der Plagiozephalie mit zunehmendem Alter des Kindes abnimmt.

16% der Säuglinge im Alter von 6 Wochen zeigen Anzeichen einer Plagiozephalie, während nur 3,3% der 2-jährigen Kinder und noch etwa 1% der 5-jährigen Kinder diese aufweisen (Hutchison, Hutchison, Thompson, & Mitchell, 2004; van Vlimmeren et al., 2017).

Dennoch wurden Differentialdiagnosen sowie Prävention und Behandlung der Plagiozephalie vielfach untersucht und diskutiert (Branch et al., 2015; Braun & Hollier, 2017; De Bock et al., 2017). Bei Säuglingen mit schwerer lagerungsbedingter Plagiozephalie werden die potenziellen psychosozialen Auswirkungen eines unbefriedigenden kosmetischen Ergebnisses bei Routinebesuchen beim Kinderarzt von den Eltern sehr häufig thematisiert.

Bisher besteht kein Konsens über die Behandlung der lagerungsbedingten Plagiozephalie. Abhängig vom Alter des Kindes und dem Schweregrad der Deformität kann die Behandlung eine aktive Lagerungstherapie, eine Physiotherapie und eine Therapie mit einer Schädel-Orthese (Helm) umfassen. Die größten Diskussionspunkte hierbei sind die Kriterien, die erfüllt sein müssen, um mit der Helmtherapie zu beginnen.

Interessanterweise hat eine vom Kongress der amerikanischen Neurochirurgen durchgeführte Metaanalyse ergeben, dass spezifische Kriterien für die Quantifizierung der Deformität und das geeignete Zeitfenster für die Behandlung bisher nicht definiert wurden.

Kinder mit schwererer Plagiozephalie, welche früh im Säuglingsalter behandelt wurden, scheinen zwar im Verlauf bessere Ergebnisse zu erzielen, allerdings stellt der frühere Therapiebeginn kein validiertes Indikationskriterium dar (Flannery et al., 2016; Tamber et al., 2016). Eine kürzlich durchgeführte prospektive Studie kam zu dem Ergebnis, dass eine Helmtherapie das Ergebnis einer lagerungsbedingten Plagiozephalie nicht verbessert (van Wijk et al., 2014).

Vor dem Hintergrund dieser durchaus widersprüchlichen Veröffentlichungen war es das Ziel dieser Studie, das Ergebnis bei Patienten mit lagerungsbedingter Plagiozephalie, die mittels Lagerungstherapie und Physiotherapie behandelt wurde, mit Patienten zu vergleichen, die mit einer dynamischen Kopforthese behandelt wurden. Es sollten Kriterien für die Indikation einer Helmtherapie definiert werden.

## **Methoden**

In dieser Studie wurden 98 Säuglinge mit lagerungsbedingter Plagiozephalie, die während eines Zeitraums von 18 Monaten in zwei Zentren für Kinderchirurgie behandelt wurden, eingeschlossen. Die Patienten wurden entweder von einem Kinderarzt überwiesen oder eigenständig von ihren Eltern vorgestellt. Einschlusskriterien waren eine einseitige lagerungsbedingte Plagiozephalie mit einer Asymmetrie der 45° Schädel-Diagonalen (Cranial Vault Asymmetry, CVA) (Linz et al., 2018) von mindestens 0.5 cm und konsekutiv einem Schädel-Deformitätsgrad, der als Argenta Typ 2 oder höher klassifiziert wurde (Argenta, David, & Thompson, 2004; Branch et al., 2015).

Ausschlusskriterien waren Kraniosynostose, Brachyzephalie, neurologische Störungen und Hydrozephalus.

Die Daten wurden unter besonderer Berücksichtigung des Kopfumfangs, des fronto-okzipitalen Durchmessers, des biparietalen Durchmessers, der transkraniellen Diagonalen (fronto-temporo-lambdoid), der Fontanellengröße, der Verschiebung der Ohrachse, der Stirn-Asymmetrie, der Verschiebung der Augachse sowie des Rotationsdefizits der Halswirbelsäule erhoben. Diese wurden entweder mit dem STARscanner™ Laser Data Acquisition System (Orthomerica, Weinheim, Germany) oder mit einem Hand-Cephalometer und einem Maßband bestimmt. Die Schädel-Asymmetrie (CVA), der Index der Schädel-Asymmetrie (CVAI) und der Schädel-Index (CI) wurden berechnet (Loveday & de Chalain, 2001). Der Grad der Asymmetrie des Schädels wurde unter Verwendung des CVA (Tabelle 1a) klassifiziert, und die Größe der vorderen Fontanelle wurde ähnlich wie bei Pindrik et



al. in eine große ( $\geq 25 \text{ mm}^2$ ) oder eine kleine ( $<25 \text{ mm}^2$ ) Fontanelle eingeteilt (Pindrik, Ye, Ji, Pendleton, & Ahn, 2014) (Abbildung 1).

Die Patienten wurden gemäß der Abfolge aus Abbildung 2 behandelt.

Säuglinge unter 6 Monaten erhielten Physiotherapie und Lagerungstherapie. Wenn die CVA mehr als 1.5 cm betrug, wurden Säuglinge mit einem Helm behandelt. Wenn die CVA jedoch im Alter von 6 Monaten zwischen 1 und 1.5 cm betrug, wurden die Kinder in Abhängigkeit von einer gemeinsamen Entscheidung der Eltern und des verantwortlichen Kinderchirurgen für eine weitere Physiotherapie oder Helmtherapie zugeteilt. Der Helm wurde 3 Monate täglich 23 Stunden lang getragen, anschließend wurde der Helm lediglich während der Schlafstunden getragen. Die Helme bestanden aus Polyethylen-Schaum (Plastazote®) mit einer weichen Auskleidung und waren multipel perforiert, um die Luftzirkulation zu ermöglichen. Während der Behandlung wurden die Helme regelmäßig an das Kopfwachstum des Kindes angepasst. Die Kontrolluntersuchungen wurden alle 8 Wochen geplant.

### Statistik

Der Pearsons Chi-Quadrat-Test wurde verwendet. Die statistische Analyse wurde mit IBM SPSS statistics 20.0 durchgeführt. Die statistische Signifikanz wurde auf ein Alpha-Niveau von  $p \leq 0.05$  gesetzt. Alle Daten wurden irreversibel anonymisiert und diese Studie wurde gemäß den Richtlinien der Ethikkommission unserer Institution durchgeführt.

## Ergebnisse

### Studienpopulation

Für diese Studie wurden 98 Patienten rekrutiert. 68 Kinder wurden mit Physiotherapie und Lagerungstherapie (Kontrollgruppe) behandelt, während 30 Patienten mit einem Helm behandelt wurden (Abbildung 1). 31 Mädchen und 67 Jungen wurden untersucht. Das Durchschnittsalter bei Erstvorstellung betrug  $5.86 \pm 1.85$  Monate in der Helmgruppe und  $5.68 \pm 2.07$  Monate in der Kontrollgruppe (Abbildung 3a). Die Gruppen sind daher vergleichbar.

Das mittlere Alter zu Beginn der Helmtherapie betrug  $6.57 \pm 1.80$  Monate (Abbildung 3b). Um weiter zu bestimmen, ob die beiden Behandlungsgruppen vergleichbar waren, wurden der Kopfumfang, die Körperlänge und das Gewicht bei der Geburt sowie das Gestations-Alter, die Rate von Kaiserschnitten und die Zwillingsrate analysiert. Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt.

Das Alter bei Erstvorstellung betrug fast 6 Monate und der Kopfumfang und der Schädel Index (CI) waren in beiden Gruppen ähnlich, wohingegen sich die Schädelasymmetrie (CVA) und der CVAI signifikant unterschieden (jeweils  $p < 0.001$ ). Dies weist darauf hin, dass diese Parameter geeignet waren, zu differenzieren, ob das Kind mit Lagerungstherapie und Physiotherapie alleine oder mittels Helmtherapie behandelt wurde. Patienten, die einen Helm erhielten, hatten einen etwas höheren Grad in der Argenta - Klassifikation als Kinder, die ohne Helm behandelt wurden. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. Somit war der CVA für die klinische Entscheidung von Bedeutung (Tabelle 1).

### Die Helmbehandlung führt zu einer schnelleren Besserung der Plagiozephalie

Um den Unterschied zwischen der Helmtherapie und der Behandlung nur mit Physiotherapie und Lagerung zu messen, haben wir die Abnahme des CVA, die in mm pro Monat über den gesamten Beobachtungszeitraum gemessen wurde, erfasst. Hier zeigte sich, dass der CVA in der Helmgruppe im Mittel um 1.61 mm /

Monat und in der Kontrollgruppe lediglich um 0.86 mm / Monat abnahm, was einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen darstellt ( $p < 0.001$ ). Dies bedeutet, dass die Helmtherapie die Schädeldeformität schneller ausgleicht als die Physiotherapie und Lagerungstherapie (Abbildung 4a).

#### Die Rolle der Wachstumsrate des Kopfumfangs bei der Plagiozephalie

In der Helmgruppe wurde eine deutlich geringere Wachstumsrate des Kopfumfangs festgestellt. Bei Kindern, die mit einem Helm behandelt wurden, lag die Wachstumsrate bei 4.72 mm / Monat. In der Gruppe der Patienten mit Physiotherapie und Lagerungstherapie dagegen bei 7.18 mm / Monat ( $p < 0.001$ ) (Abbildung 4b). In der Gruppe der mit einem Helm therapierten Kinder ließ sich ein Perzentilen-Sprung im Kopfumfang verzeichnen, welcher signifikant war ( $p = 0.0002$ ), während sich in der Kontrollgruppe keine Veränderung der Perzentile verzeichnen ließ. Aufgrund dieses Befundes analysierten wir den Einfluss der Wachstumsrate des Kopfumfangs auf den Verlauf der Schädelasymmetrie (CVA). In der Kontrollgruppe ergab die Pearson-Korrelationsanalyse eine signifikante negative Korrelation zwischen der Reduktionsrate des CVA und der Wachstumsrate des Kopfumfangs mit einem Korrelationskoeffizienten von  $-0.223$  ( $p = 0.023$ ). Dieser Befund wurde mit einem Regressionskoeffizienten von  $-0.054$  bestätigt und bedeutet, dass die spontane Umformung der Asymmetrie bei Patienten mit einer höheren Wachstumsrate des Kopfes schneller erfolgt, wenn keine Helmtherapie angewendet wird (Abbildung 5a). Im Gegensatz dazu konnten wir in der Helmgruppe keine Korrelation zwischen der Kopfwachstumsrate und der CVA-Reduktion feststellen ( $p = 0.238$ ). Dies zeigt, dass die CVA-Korrekturrate bei Säuglingen, welche eine Helmbehandlung erhalten hatten, unabhängig von der Wachstumsrate des Kopfumfangs ist (Abbildung 5b).

#### Einfluss der Größe der vorderen Fontanelle auf den Verlauf der lagerungsbedingten Plagiozephalie

Als nächstes konzentrieren wir uns auf die Größe der vorderen Fontanelle. Es konnte eine signifikante ( $p = 0.008$ ) und positive Korrelation ( $r = 0.256$ ) zwischen der

Wachstumsrate des Kopfumfangs und der Größe der Fontanelle berechnet werden. Dies bestätigt, dass Patienten mit einer großen Fontanelle eine höhere Kopfwachstumsrate aufweisen. Die Patienten wurden entsprechend ihrer Fontanellen-Größe in Gruppen mit einer kleinen ( $<25 \text{ mm}^2$ ) oder einer großen ( $>25 \text{ mm}^2$ ) Fontanelle eingeteilt (Abbildung 1). Bei Säuglingen mit einer großen vorderen Fontanelle ( $p = 0.0359$ ) sank der CVA-Wert erwartungsgemäß signifikant schneller, was zeigt, dass die Gruppe mit der kleinen vorderen Fontanelle ein geringeres Potenzial für eine spontane Veränderung aufweist (Abbildung 6).

Daher wurden die Fälle mit einer kleinen vorderen Fontanelle ( $<25 \text{ mm}^2$ ) für weitere Berechnungen herangezogen. Hierbei wurde kein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Kopfwachstumsrate zwischen der Kontrollgruppe und der Helmgruppe festgestellt. Dieser traf für die Fälle mit kleiner Fontanelle zu, unterschied sich jedoch im Vergleich zur Helmgruppe, für die eine signifikant schwächere Kopfwachstumsrate nachgewiesen werden konnte (Abbildung 7b).

Um die Frage nach der Wirksamkeit und Indikation der Helmtherapie zu beantworten, wurde in beiden Behandlungsgruppen die Änderungsrate des CVA bei einer kleinen vorderen Fontanelle berechnet. Es wurde ein signifikanter Unterschied ( $p = 0.001$ ) zwischen der Helmgruppe und der Kontrollgruppe festgestellt. Liegt eine kleine vordere Fontanelle vor, war die mittlere Reduktion der Diagonalen-Differenz ohne Helmtherapie signifikant geringer ( $0.064 \text{ cm / Monat}$ ) als in der Gruppe der Helmbehandlung ( $0.229 \text{ cm / Monat}$ ;  $p = 0.001$ ; Abbildung 7a). Dies bedeutet, dass die Größe der vorderen Fontanelle ein wichtiger Parameter für die Indikation der Helmtherapie ist, da die CVA mit der Helmbehandlung signifikant stärker abnahm, wenn die vordere Fontanelle bei vergleichbarem Kopfwachstum klein war.

Wir konnten dieser Studie zeigen, dass die Helmtherapie bei Kindern mit Plagiozephalie, die als Argenta Typ 2 oder höher eingestuft wurden, wirksamer war und zu einer schnelleren Senkung der CVA führte als bei den Kindern, die Physiotherapie und Lagerungstherapie ohne Helmbehandlung erhielten. Insbesondere bei Patienten mit einer kleinen vorderen Fontanelle und damit geringerem Spontankorrektur-Potential zeigt die Helmtherapie einen Vorteil. Daher sollte eine kleine vordere Fontanelle als zusätzlicher Parameter für die Indikation zur Helmtherapie herangezogen werden.

## Diskussion

Die Pathophysiologie und die Einflussfaktoren für die Entwicklung der Kopfform und der lagerungsbedingten Plagiozephalie sind bisher nicht vollständig verstanden (De Bock et al., 2017). Die Behandlung der lagerungsbedingten Plagiozephalie im Säuglingsalter wird kontrovers diskutiert. Die beiden Hauptoptionen sind einerseits die Lagerungstherapie und Physiotherapie und andererseits die Einleitung einer Helmtherapie.

Bislang ist unklar, ob die Helmtherapie Vorteile gegenüber der alleinigen Lagerungs- und Physiotherapie bringt (Weissler, Sherif, & Taub, 2016).

Es liegen Studien vor, welche die Überlegenheit der Helmtherapie bei der Behandlung der lagerungsbedingten Plagiozephalie belegen (Graham et al., 2005; Kluba, Kraut, Calgeer, Reinert, & Krimmel, 2014; Lipira et al., 2010; Naidoo, Skolnick, Patel, Woo, & Cheng, 2015; Plank, Giavedoni, Lombardo, Geil, & Reisner, 2006; Teichgraeber et al., 2004). Andere Studien ergaben jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Helmtherapie und der Lagerung alleine (Lee et al., 2008).

Das Herausarbeiten von Faktoren, welche das Wachstum und die Form des Kopfes mit und ohne Helmtherapie beeinflussen, sollte daher die Aufstellung von Richtlinien für die Indikation zur Helmtherapie erleichtern.

An dieser Beobachtungsstudie nahmen 98 Patienten teil, von denen 68 mit Lagerung und Physiotherapie behandelt wurden. 30 Patienten wurden mit einer dynamischen Kopforthese behandelt. Wir haben die Veränderung der Asymmetrie und des Kopfwachstums in beiden Gruppen analysiert und potenzielle Einflussfaktoren wie Alter und Grad der Asymmetrie verglichen.

Als neuartigen Ansatz untersuchten wir den Einfluss der Größe der vorderen Fontanelle auf die Wirksamkeit beider Behandlungsoptionen. Die Änderungsrate des CVA und des Kopfumfangs bei Kindern, die mit dem Helm behandelt wurden, wurde über die Zeit gemessen und mit denen von Kindern verglichen, die nur mit Physiotherapie und Lagerung behandelt wurden. Eine signifikant höhere Umformrate wurde bei Patienten gefunden, welche die Helmtherapie erhalten hatten. Dies steht im Widerspruch zu den Daten, die beispielsweise von Lee et al.

2008 (Lee et al., 2008) oder van Wijk et al. 2014 (van Wijk et al., 2014) veröffentlicht wurden.

Durch die Analyse der Faktoren, die einen potenziellen Einfluss auf die Entwicklung der Asymmetrie des Kopfes haben, konnten wir zeigen, dass die vordere Fontanelle und das Alter des Säuglings den Verlauf der Asymmetrie signifikant beeinflussen.

Die Helmtherapie weist bei Säuglingen mit einer kleinen vorderen Fontanelle eine höhere Wirksamkeit auf. In dieser Studie wurden die Patienten (Helm oder Physiotherapie und Lagerung) gemäß dem in Abbildung 2 dargestellten Algorithmus behandelt. Ein Vergleich der beiden Behandlungsgruppen ergab, dass die Patienten aus der Helmgruppe eine geringfügig größere Asymmetrie aufwiesen. Der Hauptparameter zur Identifizierung der Asymmetrie des Kopfes und seines Verlaufs in dieser Studie war der CVA und die Änderungsrate des CVA (cm / Monat). Frühere Studien haben beschrieben, dass jüngere Säuglinge eine schnellere Kopfwachstumsrate aufweisen als ältere, was zu der Empfehlung geführt hatte, die deformierte Plagiozephalie frühzeitig zu behandeln (Dorhage et al., 2016; Robinson & Proctor, 2009).

In dieser Studie fanden wir eine Korrelation zwischen der Kopfwachstumsrate und der Verringerung der Asymmetrie (Abbildung. 5a) in der Kontrollgruppe. Obwohl die Wachstumsrate des Kopfumfangs in der Helmgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe reduziert war, lag die Rate der CVA-Reduktion in der Helmgruppe höher. Dies zeigt, dass für die Effektivität der Helmtherapie eine hohe Kopfwachstumsrate nicht erforderlich ist.

Um neue Parameter zu detektieren, welche die Entwicklung der Kopfform beeinflussen, untersuchten wir die Rolle der vorderen Fontanelle. Die Größe der vorderen Fontanelle und ihre Funktion wurden eingehend untersucht (D'Antoni et al., 2017; Duc & Largo, 1986; Pedroso, Rotta, Quintal, & Giordani, 2008).

Die Assoziation der Größe der vorderen Fontanelle mit der Wachstumsrate des Kopfes und der Rate der Verringerung der Asymmetrie des Kopfes wurde jedoch bisher nicht beachtet. Wir fanden eine positive Korrelation zwischen der Größe der Fontanelle und der Wachstumsrate des Kopfumfangs. Darüber hinaus war bei Kindern mit einer großen vorderen Fontanelle in der Kontrollgruppe ohne

Helmtherapie die CVA-Reduktionsrate höher (Abbildung 6). Natürlich ist die Größe der Fontanelle bei Säuglingen größer, je jünger sie sind. Somit hängt die Wachstumsrate des Kopfes auch vom Alter ab, es gibt jedoch eine große Varianz, zu welchem Zeitpunkt sich die vordere Fontanelle verschließt (D'Antoni et al., 2017). Aufgrund unserer Feststellung, dass die Rate der Verringerung der Asymmetrie bei Säuglingen mit einer großen vorderen Fontanelle größer ist, können wir diesen Parameter verwenden, um die Behandlung mit Physiotherapie und Lagerung in diesen Fällen aufgrund des erhöhten Potentials für spontanes Umformen ohne Helm durchzuführen. Im Gegensatz hierzu stehen die Kinder mit einer kleineren vorderen Fontanelle.

Als nächstes haben wir Säuglinge mit einer kleinen vorderen Fontanelle ausgewählt, um die Wirksamkeit der Helmtherapie bei Kindern zu untersuchen, die ein geringeres Potenzial für ein spontanes Re-Modelling der Kopfasymmetrie haben. Obwohl die Kopfwachstumsrate bei Patienten mit einer kleinen Fontanelle, die Physiotherapie erhalten hatten, nahezu gleich war wie bei Patienten mit einer kleinen vorderen Fontanelle, die sich einer Helmtherapie unterzogen, stellten wir fest, dass die Normalisierung der CVA in der Helmgruppe signifikant besser war als in der Physiotherapie-Gruppe.

Somit konnten wir erstmals zeigen, dass Säuglinge mit einer kleinen vorderen Fontanelle und damit geringerem, spontan ablaufenden Re-Modellierungspotential besonders von der Helmtherapie profitieren. Der Helm kann die Umformung des Kopfes auch dann ermöglichen, wenn die Wachstumsrate des Kopfes gering ist.

Wir konnten darüber hinaus feststellen, dass sich die Wachstumsrate des Kopfes bei Patienten, die in dieser Studie mit dem Helm behandelt wurden, veränderte (Abbildung 4b). Obwohl dieser Befund im Gegensatz zu den Ergebnissen einer anderen Studie steht (Kelly, Littlefield, Pomatto, Manwaring, & Beals, 1999), in welcher festgestellt wurde, dass das Kopfwachstum durch die Helmtherapie nicht beeinflusst wird, ergaben die Routineuntersuchungen beim Kinderarzt unter den Kindern dieser Studie bislang keine Entwicklungsstörungen. Frühere Studien haben sich mit den neurologischen Auswirkungen der Plagiozephalie befasst (Hutchison, Stewart, & Mitchell, 2011; Speltz et al., 2010). Dies war jedoch nicht Bestandteil

dieser Studie und sollte in einer Folgestudie untersucht werden. Darüber hinaus wurden die langfristigen Auswirkungen auf das Kopfwachstum nicht untersucht, da der Schwerpunkt auf der Asymmetrie lag (Naidoo et al., 2015), so dass dies auch für die Zukunft eine interessante Forschungsfrage sein wird. Eine Folgestudie ist erforderlich, um den Einfluss der vorderen Fontanelle in einer größeren Studienpopulation neu zu bewerten.

### Limitationen der Studie

Wir haben weder den optimalen Zeitpunkt für den Beginn der Behandlung mit dem Helm noch die Dauer der Therapie untersucht. Frühere Studien, die diese Fragestellung bearbeiten, sind umstritten (Kluba, Kraut, Reinert, & Krimmel, 2011; Yoo et al., 2012). Da wir eine Beobachtungsstudie durchgeführt haben, in der Säuglinge mit geringerer Asymmetrie oder jüngerem Alter eine Physiotherapie erhielten, konnten wir zusätzlich zur Helm-Therapie (Abbildung 2) die Wirkung des Helmes nicht eindeutig bestimmen. Wenn ein Säugling früh genug vorgestellt wird, ist es in den meisten Fällen günstig, mit der Physiotherapie zu beginnen, sodass sich eine prospektive Studie lediglich auf die mit der Helmtherapie verbundenen Nachteile konzentrieren sollte. Aufgrund des Studiendesigns wurden die Patienten nicht randomisiert, und die Helmtherapie wurde für Säuglinge mit einer geringfügig größeren Asymmetrie als nur für Patienten mit Physiotherapie ausgewählt. Dies kann jedoch aus ethischen Gründen nur schwer geändert werden. Weiterhin wurden zwei verschiedene Messmethoden (Laser und Cephalometer) angewendet; Daher sollte eine weitere Studie mit größeren Patientenzahlen und der gleichen Messmethode für alle Patienten folgen. Trotzdem sind beide Methoden valide (van Vlimmeren et al., 2006).



## **Schlussfolgerung**

Insgesamt hat diese Studie gezeigt, dass die Größe der vorderen Fontanelle für die Indikation der Helmtherapie berücksichtigt werden muss.

Wir konnten erstmalig zeigen, dass Säuglinge mit einer kleinen vorderen Fontanelle eine geringere Wachstumsrate des Kopfes und eine geringere spontane Abnahme der Asymmetrie aufweisen als Kinder mit einer großen vorderen Fontanelle. Darüber hinaus haben unsere Untersuchungen ergeben, dass die Helmtherapie die Asymmetrie wirksamer verringert als Physiotherapie, und dies ist insbesondere bei Säuglingen mit einer kleinen vorderen Fontanelle gegeben. Daher können Säuglinge mit einer kleinen vorderen Fontanelle besonders von der Helmtherapie profitieren. Weitere Studien sind erforderlich, um unsere Ergebnisse zu bestätigen.

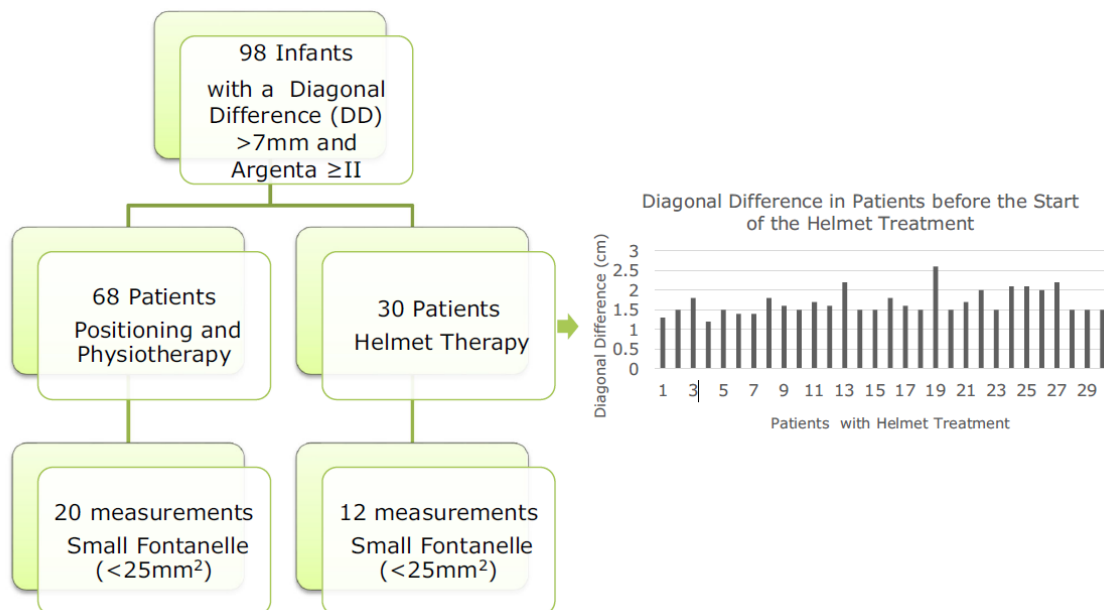
## Anhang

Tabelle 1:

	No helmet therapy		Helmet therapy		P value
	Mean	SD	Mean	SD	
Age (months)	5.68	2.07	5.86	1.85	0.677
Head circumference (cm)	42.61	1.82	42.94	1.89	0.414
CI (%)	92.78	8.1	92.48	6.18	0.868
Argenta classification	2.75	0.95	3.43	0.53	0.067
CVA (cm)	1.03	0.32	1.66	0.36	<0.000
CVAI (%)	8.36	2.72	12.58	3.11	<0.000

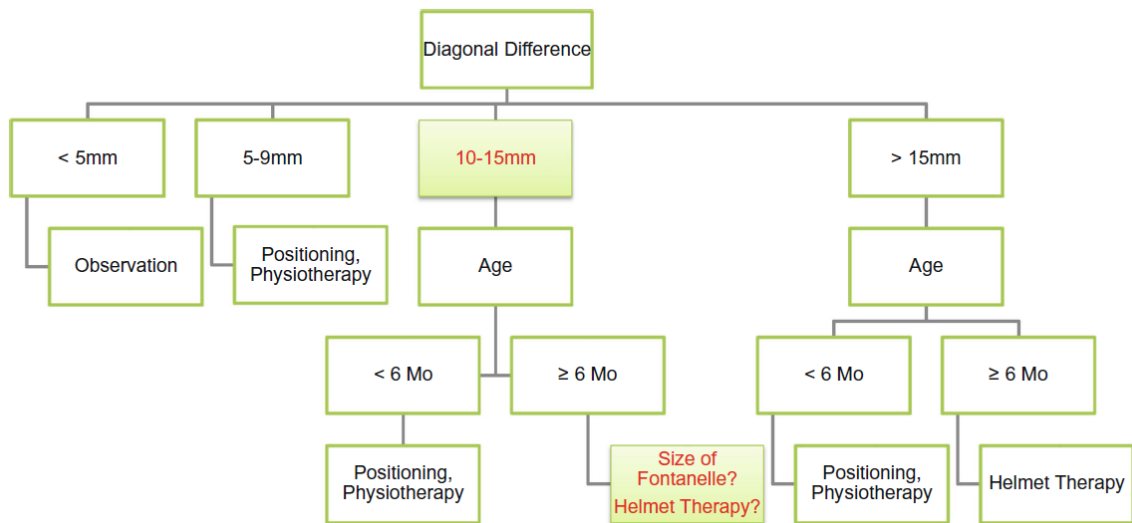
Einzelne Parameter bei der Erstvorstellung in beiden Gruppen.

Abbildung 1:



Patienten der Kontroll- und Verum-Gruppe, die über einen Zeitraum von 18 Monaten in die Studie aufgenommen wurden.

Abbildung 2:



Der Behandlungsalgorithmus, der im Rahmen dieser Studie angewandt wurde.

Abbildung 3 a und b:

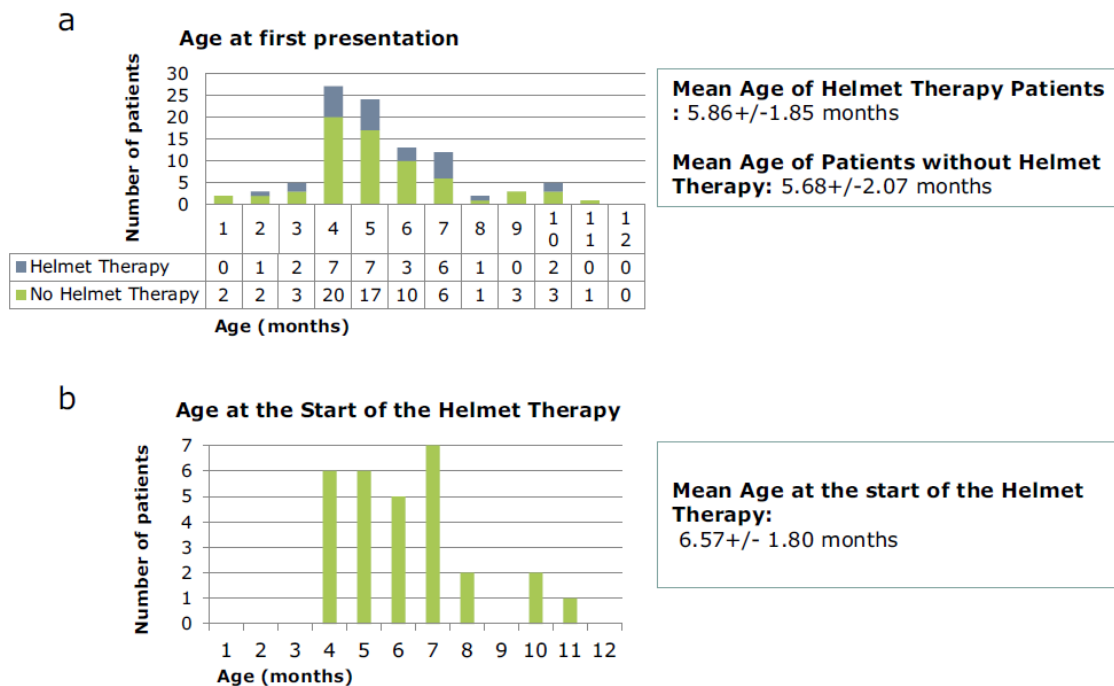


Abbildung 3a zeigt das Alter bei Erstvorstellung; Abbildung 3b zeigt das Alter zu Beginn der Helmtherapie.

Abbildung 4:

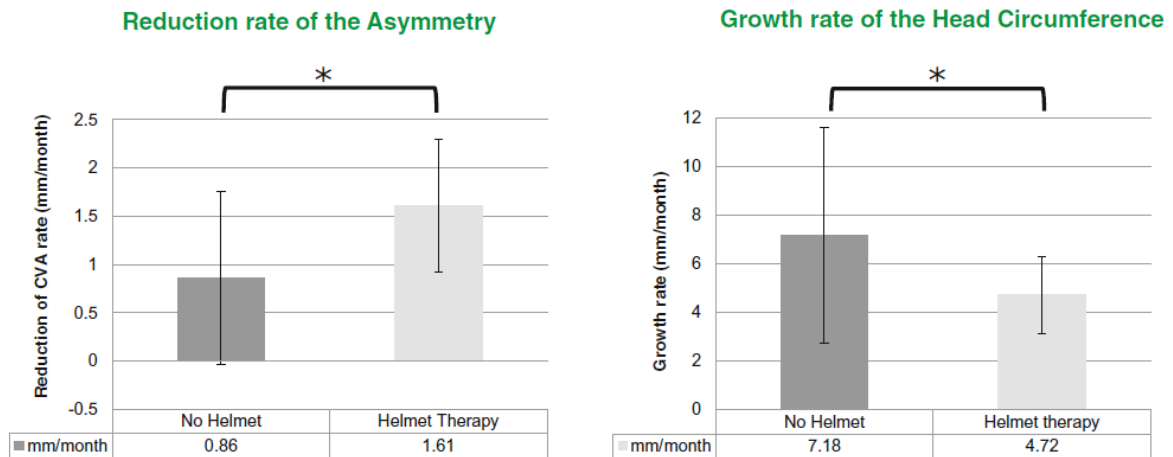


Abbildung 4 zeigt das Remodelling und die Kopfwachstumsrate in den beiden Gruppen. Obwohl die Kopfwachstumsrate in der Helmgruppe signifikant geringer war, remodellierte sich der Kopf in der Helmgruppe signifikant besser.

Abbildung 5:

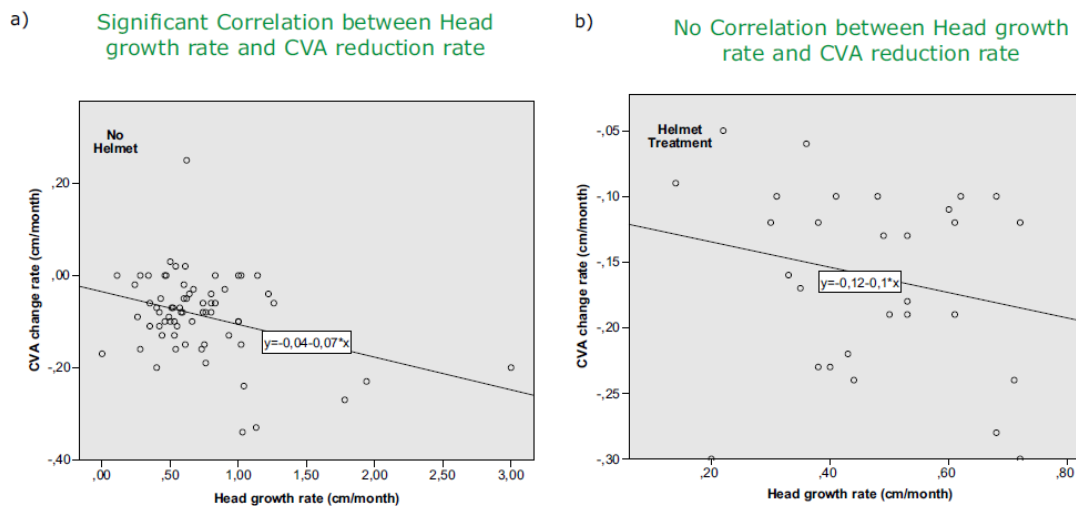


Abbildung 5 zeigt keine Korrelation zwischen der Kopfwachstumsrate und dem Remodellierungs-Potential in der Helmgruppe.

Abbildung 6:

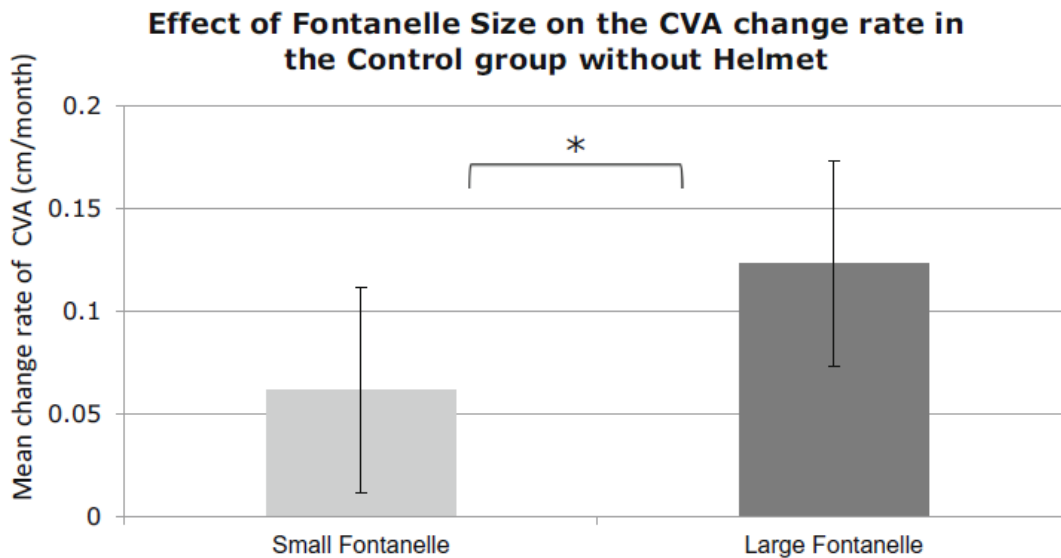
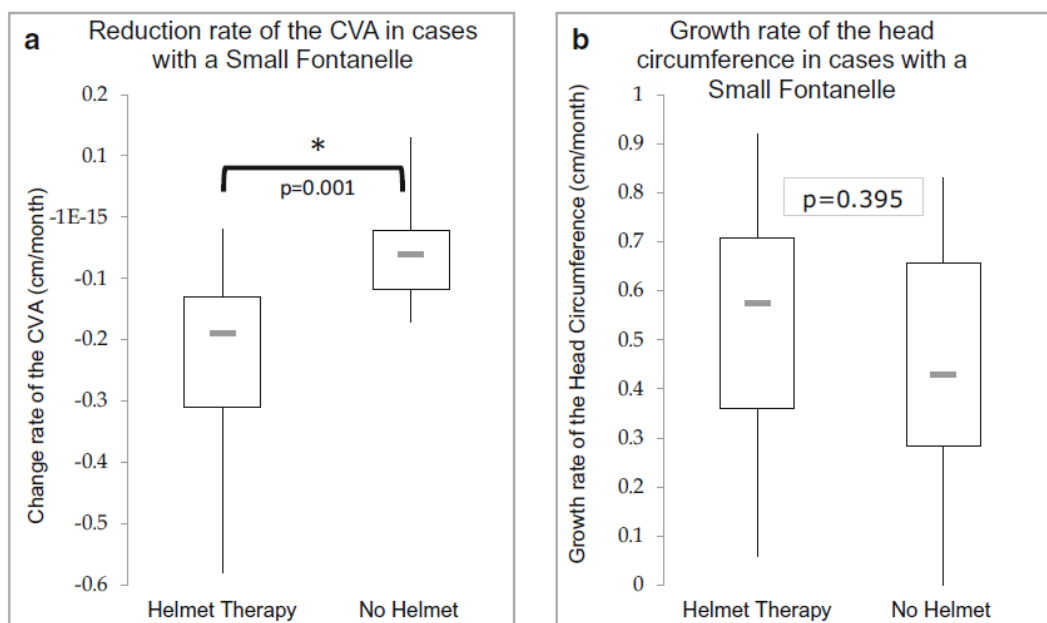


Abbildung 6 zeigt die Patienten, die mit einem Helm behandelt wurden, hatten ein schnelleres Remodelling wenn die Fontanelle grösser war.

Abbildung 7:



Patienten mit einer kleinen Fontanelle und damit geringem Remodellierungs-Potential, zeigten einen besseren Rückgang der Asymmetrie (a). Es gab keinen Unterschied hinsichtlich des Kopfwachstums in beiden Gruppen (b).

## 2.3 NEUROTRAUMATOLOGIE

---

Über das Trauma-Netzwerk der DGU ist das Klinikum der LMU einschließlich der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Hauner'schen Kinderspital als überregionales Trauma-Zentrum zertifiziert. Zusammen mit PD Dr. F. Hoffmann von der Pädiatrischen Intensivstation im Dr. von Hauner'schen Kinderspital konnte der Habilitand eine zeitgerechte Schockraumversorgung unter Einbindung der Kinderintensivstation etablieren. Auslöser war die geplante Zusammenlegung der beiden Intensivstationen *PIPS* (ehemals rein pädiatrische Kinderintensivstation) und *CHIPS* (ehemals kinderchirurgische Intensivstation) zur interdisziplinären *KIPS* (Kinderintensivstation) im Jahr 2012. So wollten Florian Hoffmann und der Habilitand initiativ ein Schockraumkonzept für diese neue Situation erarbeiten. In Hinblick auf die Etablierung von speziellen Trauma-Zentren für Kinder sehen wir die Pädiatrischen Intensivmedizin als das Bindeglied zwischen der Chirurgie – sei es an Zentren mit Kinderchirurgie oder Erwachsenen-Traumatologie – und den pädiatrischen Patienten. Der Spruch "Kinder sind keine kleinen Erwachsenen" muss umso deutlicher betont werden, je kleiner das verunfallte Kind ist. Je jünger die Kinder, desto mehr profitieren diese von einer Behandlung auf einer auf das Kindesalter spezialisierten Klinik. Da der überwiegende Anteil der schwerverletzten Kinder zunächst konservativ auf der Intensivstation überwacht werden und keiner operativen Therapie bedürfen, stellt die pädiatrische Intensivmedizin die Grundvoraussetzung für die Behandlung schwerverletzter Kinder dar, nicht zwangsläufig die chirurgischen Disziplinen. Diese Prämisse erscheint entscheidend für Kliniken, die nicht an eine Kinderklinik angeschlossen sind. Hier ist zu überlegen, dass schwerverletzte Kinder in ein entsprechendes Zentrum verlegt werden sollten.

In München ist die Schwerverletztenversorgung im Kindesalter eng an die Kinderchirurgische Klinik im Dr. von Hauner'schen Kinderspital gebunden. Nicht zuletzt durch den in München vorgehaltenen Kindernotarztdienst konnte hier am Standort Dr. von Hauner'sches Kinderspital eine 24/7 Anlaufstelle für schwerverletzte Kinder etabliert werden.

**E VERKÜRZUNG DER VERSORGUNGSZEIT IM TRAUMA-SCHOCKRAUM BEI KINDERN DURCH EINFÜHRUNG EINES INTERDISZIPLINÄREN SCHOCKRAUMKONZEPTS (ITRAPS).**

Publikation (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, Wendling-Keim, et al., 2018)

***REDUCTION OF TREATMENT TIME FOR CHILDREN IN THE TRAUMA ROOM CARE: IMPACT OF IMPLEMENTATION OF AN INTERDISCIPLINARY TRAUMA ROOM CONCEPT (ITRAPS).***

**M. Lehner**, F. Hoffmann, B. Kammer, M. Heinrich, L. Falkenthal, D. Wendling-Keim, M. Kurz

Anaesthesist. 2018 Dec; 67(12):914-921. doi: 10.1007/s00101-018-0500-z. Epub 2018 Oct 25. PubMed.

**IF: 0.995**

Unfälle im Kindesalter spielen auch weiterhin weltweit eine große Rolle hinsichtlich Morbidität und Mortalität (Ellsasser, Trost-Brinkhues, & Albrecht, 2014).

Die Prävalenz der in Deutschland im Straßenverkehr getöteten Kinder lag in den letzten Jahren nahezu unverändert bei 7 pro 1 Mio. Einwohner pro Jahr. Neben der präklinischen Versorgung und der Auswahl der Zielklinik spielt der zeitkritische Ablauf im Schockraum nach Ansicht der Autoren eine wichtige Rolle für die erfolgreiche Versorgung von (poly-) traumatisierten Patienten. In der Versorgung schwer verletzter erwachsener Patienten findet neben den Algorithmen des European Resuscitation Council (ERC, (Fritzsche, Jantzen, Russeler, & Muller, 2013)) und des Prehospital Trauma Life Support (PHTLS, (Johansson et al., 2012)) das für die innerklinische Versorgung ausgelegte Konzept des Advanced Trauma Life Support (ATLS®, (Subcommittee, American College of Surgeons' Committee on, & International, 2013)) Anwendung (Bouillon et al., 2013; Stahel, Heyde, Wyrwich, & Ertel, 2005).

Diese bei Erwachsenen erfolgreich etablierten und in einer Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) verfassten (Bouillon et al., 2013) Prioritäten-orientierten Konzepte sollten auch auf Kinder übertragen werden. Eine rein auf das Kindesalter bezogene Leitlinie zur Versorgung schwer verletzter Kinder ist als S2k-Leitlinie derzeit unter den beteiligten Fachgesellschaften in Abstimmung.

Für eine optimale Versorgung von Kindern im Schockraum mit der damit möglichen Reduktion von Morbidität und Mortalität ist es entscheidend, sowohl Fehler während der Behandlung im Schockraum zu vermeiden als auch strukturellen Defiziten in der Organisation und im Ablauf vorzubeugen (Chin et al., 2016; Sanddal et al., 2011). Das Zeitmanagement im Schockraum spielt bei Erwachsenen im Hinblick auf die Mortalität eine wichtige Rolle (Chidambaram, Goh, & Khan, 2017; Furugori, Kato, Abe, Iwashita, & Morimura, 2018). Um ein möglichst gutes klinisches Endergebnis bei schwer verletzten Kindern zu erreichen, sollten die innerklinischen Prozesse standardisiert ablaufen (Ben-Abraham et al., 2000).

Die Behandlung poly-traumatisierter Kinder im Schockraum erfordert eine rasche und systematische Einschätzung akut lebensbedrohlicher Verletzungen. Hierfür müssen interdisziplinäre Konzepte mit den Disziplinen Anästhesie, Kinderchirurgie, Kinderintensivmedizin und (Kinder-) Radiologie für die Versorgung polytraumatisierter Kinder im Schockraum etabliert werden (Franzen, Ortenwall, & Backteman, 2003; Koller et al., 2016).

Die Autoren haben am Dr. von Hauner'schen Kinderspital im Rahmen einer aus multiplen Fachbereichen bestehenden interdisziplinären und interprofessionellen Arbeitsgruppe ein spezifisch auf die Anforderungen von Kindern ausgerichtetes Konzept zur Versorgung schwer verletzter Kinder im Schockraum erarbeitet (iTRAPS: interdisciplinary Trauma Room Algorithm in Pediatric Surgery) und in den klinischen Alltag implementiert (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, & Kurz, 2018).

Es umfasst die Prioritäten-orientierte Behandlungsabfolge einschließlich der Zuordnung zu den beteiligten Fachdisziplinen Anästhesie und Kinderchirurgie (Abb. 1).



Das Ziel war es, ein Schockraumkonzept für schwer verletzte Kinder aufzustellen. Verbunden mit abgestuften diagnostischen und therapeutischen Handlungsanweisungen, aus denen gleichzeitig eine klar strukturierte Aufgabenverteilung hervorgeht. Die Kommunikation zwischen den beteiligten Disziplinen und die Etablierung neuer Organisationsabläufe stellten hier eine der größten Herausforderungen dar (Carter, Waterhouse, Kovler, Fritzeen, & Burd, 2013; Kanz et al., 2010).

Die Phasen des iTRAPS wurden an die kinderspezifischen Bedürfnisse in der Versorgung von schwer verletzten Kindern im Schockraum angepasst. Als Phase 2 wurde nach der Phase 1 (Lebensrettende Sofortmaßnahmen) eine Stabilisierungsphase etabliert, da sich zeigte, dass die initialen Maßnahmen im Kindesalter mehr Zeit in Anspruch nehmen und oftmals zunächst eine kardiopulmonale Stabilisierung des Kindes erfolgen sollte, ehe weitere therapeutische und diagnostische Schritte erfolgen (Abb. 2). Im Falle einer sofortigen operativen Intervention sollte diese Phase im OP parallel zum Eingriff erfolgen (Koller et al., 2016).

Vor Einführung des iTRAPS war die Behandlung abhängig von den Teammitgliedern und deren Einzelkompetenzen. Darüber hinaus wurden z.B. nicht alle notwendigen Personen primär alarmiert (Röntgen) oder waren gar nicht beteiligt (Intensivmedizin).

Für die Beurteilung des Schweregrades einer Mehrfachverletzung hat sich in der Traumatologie auch im Kindesalter der Injury Severity Score (ISS) bewährt (Vasilyeva, Shvirev, Arseniev, & Zarubina, 2013; Yousefzadeh-Chabok et al., 2016). Hier wird jeder Verletzung eine der folgenden 6 Regionen zugeordnet: Schädel / Gesicht / Thorax / Abdomen/ Extremitäten /allgemein. Die einzelnen Verletzungen werden entsprechend der Abbreviated Injury Scale (AIS) auf einer Scala von 1 bis 6 für die Überlebenschancen zugeordnet. Der ISS wird berechnet, indem jeweils die höchste Zahl der 3 am schwersten verletzten Körperregionen quadriert wird und diese dann summiert werden. Die maximale Punktzahl beträgt 75. Wird einer Körperregion eine 6 zugeordnet (nicht überlebende Verletzung) ist der ISS automatisch 75. Bei einem  $ISS \geq 16$  kann von einer lebensbedrohlichen (Mehrfach-Verletzung) ausgegangen werden (Soni et al., 2017).

## Ziele der Arbeit

Es existierten im deutschsprachigen Raum keinerlei evaluierte Versorgungskonzepte zur Schockraumversorgung schwer verletzter Kinder. Im Vergleich zu anderen Ländern scheint es in Deutschland Defizite in der innerklinischen Notfallversorgung von schwer verletzten Kindern zu geben. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, effektive Behandlungskonzepte zu erarbeiten, zu implementieren und zu evaluieren.

In der hier vorliegenden Erhebung wurde der Effekt eines zuvor in den klinischen Alltag implementierten und publizierten Versorgungskonzeptes (iTRAP<sup>S</sup>) analysiert. Primärer Endpunkt der Analyse war die Zeitspanne, welche zwischen dem Eintreffen des Patienten im Schockraum bis zum Start der CT-Diagnostik verstrichen war. Diese Zeitspanne wird als ein Surrogat-Parameter für die Versorgungsqualität angesehen und wurde vor und nach Einführung des iTRAP<sup>S</sup>-Konzeptes untersucht. Die so berechnete Versorgungszeit im Schockraum wurde in Analogie zur Diskussion der Ganzkörper-CT-Untersuchung im Erwachsenen-Schockraum auf Unterschiede in den beiden Gruppen hin analysiert.

## Methodik

Der Trauma-Schockraum für Kinder des Level-1-Traumazentrums am Dr. von Hauner'schen Kinderspital, Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU), ist integriert in das zertifizierte, überregionale Trauma-Zentrum Oberbayern Süd im Rahmen des Traumanetzwerks der DGU mit einem Einzugsbereich von über 3 Mio. Einwohnern.

Die Schockraumversorgung der schwer verletzten Kinder erfolgt durch die Fachdisziplinen der Kinderchirurgie, (Kinder-) Anästhesie, Kinderintensivmedizin und der (Kinder-) Radiologie. Es kann auf die gesamte Expertise der Erwachsenenenddisziplinen am Standort Innenstadt und Großhadern am Klinikum der LMU zurückgegriffen werden. Im Durchschnitt werden jährlich etwa 140 Kinder über diesen Trauma-Schockraum stationär aufgenommen. Hierunter fallen 6–8 % schwer verletzte Kinder mit einem ISS  $\geq$  16 pro Jahr.

Anhand der Schockraumprotokolle sowie der Anästhesie-Dokumentationsbögen wurde die Versorgungszeit vom Eintreffen im Schockraum bis zum Start der indizierten CT-Diagnostik vor und nach Einführung des iTRAP<sup>S</sup>-Konzepts (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, & Kurz, 2018) retrospektiv ermittelt.

Das Behandlungsteam bestand aus Ärzten der Fachgebiete Kinderchirurgie, Kinderanästhesie, Kinderintensivmedizin und Kinderradiologie, zusammen mit den jeweiligen Pflegedisziplinen. Zum Zeitpunkt der Patientenversorgung war das Behandlungsteam über diese Erhebung nicht informiert.

Eingeschlossen wurden Kinder und Jugendliche von 0 bis 16 Jahren, die im Zeitraum von Januar 2013 bis Januar 2017 im Kinderschockraum des Level-1-Traumazentrums behandelt wurden, einen Injury Severity Score (ISS)  $\geq 8$  aufwiesen, im Zuge der Schockraumversorgung eine CT-Diagnostik erhielten und bei denen sich eine schlüssige und eindeutige zeitliche Dokumentation über den Schockraumablauf in den Unterlagen finden ließ. Der ISS wurde über ein onlinegestütztes Tool direkt berechnet (trauma.org: iss calculator; Tab. 1).

Noch ehe das neue Konzept in den klinischen Alltag eingeführt wurde, konnte der überwiegende Anteil der an der Schockraumversorgung beteiligten Mitarbeiter der Disziplinen Kinderchirurgie, Kinderanästhesie, Kinderintensivmedizin, Kinderradiologie sowie die korrespondierenden Pflegebereiche im Rahmen zweier hausinterner Fortbildungsveranstaltungen in Form von Frontalvorträgen geschult werden. Das neue Konzept wurde sämtlichen Mitarbeitern in Form eines PDF ausgehändigt. Abschließend wurde in 2 Gruppen mit jeweils 2 Kinderchirurgen, 2 Anästhesisten, 2 Pflegekräften aus Anästhesie und Kinderchirurgie sowie den Kollegen der Kinderradiologie und Kinderintensivstation das Schockraumkonzept vor Ort im Rahmen eines interdisziplinären Simulationstrainings anhand von 2 Trauma-Fällen trainiert (H. F. Keil J, 2015). Die Schulungen mit anschließendem Debriefing führten zertifizierte Simulationstrainer aus den Reihen der Autorenschaft (FH, MH, ML) durch.

In beiden Gruppen waren die schockraumverantwortlichen Ärzte im ATLS- Konzept geschult.

Statistische Analysen wurden mittels T-Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde mit  $p \leq 0.05$  festgelegt. Diese Arbeit beinhaltet keinerlei Studien am Menschen und hält die Grundsätze für medizinische Forschung gemäß der Deklaration von Helsinki in ihrer aktuellen Fassung von 2013 vollumfänglich ein. Sämtliche personenbezogenen Daten wurden komplett anonymisiert. Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der LMU hat dieser Studie zugestimmt.

## **Ergebnisse**

Aus einer Gesamtzahl von 421 dokumentierten Schockraumversorgungen konnten im Untersuchungszeitraum 47 Patienten identifiziert werden, welche einen ISS  $\geq 8$  aufwiesen und ein CT erhalten hatten. In diesem Kollektiv waren 29/47 Patienten mit einem ISS  $\geq 16$  enthalten. Aufgrund fehlender Dokumentationen mussten 15 Patienten ausgeschlossen werden, da sich die Versorgungszeit im Schockraum nicht sicher berechnen ließ.

Somit konnte die Analyse der Versorgungszeit im Schockraum retrospektiv an einem Kollektiv von 32 Patienten evaluiert werden. Jeweils 16 Patienten wurden vor (Gruppe 1) und nach (Gruppe 2) Einführung des iTRAP<sup>S</sup>-Algorithmus analysiert (Abb. 3). Die beiden Gruppen bestanden aus 19 Jungen und 13 Mädchen. Es ergaben sich hinsichtlich der Altersverteilung in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Das Alter der Kinder in Gruppe 1 lag im Mittel bei 8.14 Jahren, in Gruppe 2 im Mittel bei 8.88 Jahren (Gruppe 1: min. 1.8, max. 16.3; Mean 8.14; Median 8; Range: 14 Jahre. Gruppe 2: min. 4.4, max. 16; Mean 8.8; Median 8.3; Range: 11,6 Jahre;  $p = 0.52$ ; Abb.4).

Die Schwere der Verletzung war, ebenfalls statistisch nichtsignifikant, in Gruppe 1 (vor Einführung des Algorithmus) etwas geringer ausgeprägt (ISS Gruppe 1: min. 8, max. 34; Mean 18.8; Median 14; Range: 26) gegenüber der Gruppe 2 nach der Einführung (ISS min. 13, max. 35; Mean 20.6; Median 17; Range: 22;  $p = 0.59$ , . Abb. 5). Die beiden Gruppen waren somit vergleichbar.

Führend war das Schädel-Hirn-Trauma in 75 % der Fälle, gefolgt von Extremitätenverletzungen (66 %) und Kontusionen und Lazerationen der parenchymatösen Oberbauchorgane (60 %; Tab. 2).

Die Analyse der Versorgungszeit im Schockraum ergab **VOR** der Einführung von iTRAP<sup>S</sup> im Mittel 33 min, wohingegen sich diese **NACH** Einführung des standardisierten Schockraumkonzepts signifikant auf 15 min reduzierte (Gruppe 1: min. 21, max. 45; Mean 33; Median 32.5; Range: 24 min. Gruppe 2: min. 10, max. 21; Mean 15; Median 14.5; Range: 11 min;  $p < 0.01$ ; Abb. 6). Hierbei zeigte sich, dass in Gruppe 2 nach Einführung des neuen Algorithmus bei Patienten mit ISS-Werten  $> 20$  die Versorgungszeit im Schockraum tendenziell länger war (Abb. 7). Dies war statistisch nicht signifikant. In unserem untersuchten Kollektiv haben alle Patienten ihre Verletzungen überlebt.

## Diskussion

Die Behandlung polytraumatisierter Kinder im Schockraum erfordert eine rasche und systematische Einschätzung akut lebensbedrohlicher Verletzungen. Wir konnten an einem kindertraumatologischen Zentrum im Rahmen einer interdisziplinären Arbeitsgruppe ein Konzept (iTRAP<sup>S</sup>) mit klar strukturierter Aufgabenverteilung zur Versorgung schwer verletzter Kinder im Schockraum einschließlich abgestufter diagnostischer und therapeutischer Handlungsanweisungen erarbeiten und in den klinischen Alltag unserer Klinik implementieren.

Bisher existieren in Deutschland keine kinderspezifischen, einheitlichen Protokolle für die Schockraumversorgung von Kindern. Auch finden sich in der Literatur keine rein auf das Kindesalter bezogene Algorithmen.

Dem gegenüber stehen Arbeiten von Franzen et al. 2003 und Koller et al. 2016, die zeigen, dass Kinder nach Trauma in hochspezialisierten Einrichtungen eine höhere Überlebenschance aufweisen (Franzen et al., 2003; Koller et al., 2016).

Da es sich bei unserem Schockraum nach Umbau und Zusammenlegung zweier Intensivstationen um eine neue Örtlichkeit handelte, erfolgte vor Einführung des neuen Schockraumkonzeptes ein Team-Training. Dieser als „System-Check“ bezeichnete Abschnitt der Implementierung fungiert als ein wichtiges Instrument im Hinblick auf die Handlungssicherheit der beteiligten Fachdisziplinen und der damit verbundenen Patientensicherheit. Die Durchführung erfolgte in Analogie zu Keil et al.

im Rahmen eines Schockraumtrainings mit Briefing, zweier traumatologischer Szenarien und Debriefing in 2 Gruppen. Hierbei konnten sowohl die Abläufe als auch die Kommunikation und die Teamarbeit geschult und trainiert werden (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, & Kurz, 2018).

Ein Maß für die Einteilung der Schwere der Verletzung stellt neben dem GCS in unserer Studie der rein anatomische ISS dar. Trauma-Scores, welche auf physiologischen Parametern basieren wie z. B. der „Revised Trauma Score“ (RTS), scheinen im Hinblick auf die Aussage zur Mortalität bei Kindern besser zu sein (Soni et al., 2017). Aufgrund der retrospektiven Datenanalyse konnten wir die notwendigen Parameter aus den Krankenunterlagen für diese differenzierte Erhebung nicht vollständig gewinnen. Neben der Glasgow Coma Scale hat sich jedoch der ISS als ein unabhängiger Prädiktor für das Überleben eines schweren Traumas etabliert. Dies wurde in mehreren Arbeiten für das Kindesalter verifiziert (Vasilyeva et al., 2013; Yousefzadeh-Chabok et al., 2016).

Im Vergleich zu erwachsenen Patienten deuten neueste Studien an, dass der „Cut-off“-Wert für ein schweres Trauma im Kindesalter möglicherweise höher als ISS 16 liegt, insbesondere im Hinblick auf die Mortalität der Verletzungen. Brown et al. 2017 kommen zu dem Schluss, dass im Kindesalter erst ab einem ISS > 25 das Mortalitätsrisiko analog zum Erwachsenen ab ISS > 16 ansteigt. Es konnte gezeigt werden, dass die Vorhersagekraft des ISS im Hinblick auf die Mortalität bei Kindern ab einem ISS-Wert >25 vergleichbar ist mit den Werten bei Erwachsenen ab ISS > 16 (Brown et al., 2017).

Dies spiegelt sich in unseren Daten insofern wieder, als dass – obwohl der ISS im Mittel in beiden Gruppen bei >16 lag – in diesem Kollektiv lediglich bei 11 % der Patienten eine CT-Diagnostik erforderlich war und somit lediglich 32 Patienten aus dem Gesamtkollektiv im Sinne der Fragestellung auswertbar waren.

Der Faktor Zeit wird in der Schockraumversorgung immer wieder als relevant – wenn auch kritisch – diskutiert. Auf der einen Seite scheint die zeitliche Abfolge einen entscheidenden Beitrag hinsichtlich Erkennens und der Behandlung von lebensbedrohlichen Zuständen zu spielen. Auf der anderen Seite ist es in multiplen Studien bisher nicht eindeutig gelungen, eine schnellere zeitliche Abfolge von

gewissen Prozeduren im Schockraum eineindeutig als einen das Outcome für den Patienten beeinflussenden Faktor zu bestimmen.

In der Erwachsenentraumatologie spielte der Zeitgewinn durch die „Multislice-CT“-Untersuchung noch im Schockraum eine wichtige Rolle und wurde in mehreren Publikationen als Outcome bestimmend diskutiert (Huber-Wagner et al., 2018; Huber-Wagner et al., 2009; Kanz et al., 2010). In einer Studie von Wieck et al. wurde analysiert, wie sich das zu erwartende zu dem beobachteten Outcome ändert, bei Patienten, welche nach Trauma im OP reanimiert wurden. Wieck et al. konnte zeigen, dass je höher der ISS-Wert und je geringer der GCS-Wert lag, es auch im Kindesalter Outcome-entscheidend sein kann, ob der Patient initial bereits im OP versorgt wird (Wieck et al., 2018). Somit lag durch die optimale Nutzung sämtlicher Ressourcen insbesondere beim penetrierenden Trauma die Überlebenschance nach Versorgung in einem sog. Hybrid-Schockraum höher. Der Faktor Zeit scheint im Hinblick auf die korrekte Diagnostik und die rasche Einleitung einer spezifischen Therapie Outcome-bestimmend zu sein.

In unserer Erhebung verwenden wir den Faktor Zeit – nämlich die Versorgungszeit im Schockraum bis zum Start der notwendigen CT-Diagnostik – als einen Surrogat-Parameter für die Versorgungsqualität (Cronlein et al., 2016).

Für das Kindesalter existieren bisher keine validen Daten zur Beurteilung der Versorgungszeit.

Diese Zeitspanne als Surrogat-Parameter für die Prozess- und Versorgungsqualität hat nach Einführung unseres iTRAP<sup>S</sup> - Konzepts hochsignifikant abgenommen und konnte mehr als halbiert werden.

Der ISS als Maß der Verletzungsschwere hingegen war in Gruppe 2 tendenziell höher, trotzdem konnte die Versorgungszeit reduziert werden. Durch die Verkürzung der Versorgungszeit kann eine rasche Zuführung zu einer definitiven Versorgung optimiert werden (Kanz et al., 2010).

Die Einführung eines Behandlungsalgorithmus alleine kann bereits die Mortalität von schwer verletzten Patienten senken (Bernhard et al., 2007). Appenteng et al. (Appenteng et al., 2018) konnten für pädiatrische SHT-Patienten nachweisen, dass die zielgerichtete Erstellung von Versorgungsrichtlinien das Outcome der Schädel-

Hirnverletzten Kinder positiv beeinflusst. Appenteng et al. beschreiben die Notwendigkeit, allgemeine und publizierte Handlungsanweisungen in eigene klinisch relevante und lokal gültige Verfahrensanweisungen zu übertragen (Appenteng et al., 2018).

Somit liegt der Schluss nahe, dass durch die Einführung unseres Algorithmus mit nachweislich signifikant reduzierter Versorgungszeit im Schockraum sich die Mortalität senken lassen sollte. Möglicherweise lässt sich somit auch das Outcome verbessern.

Neue Studien im Schockraum-Setting für erwachsene Patienten zeigen außerdem, dass insbesondere durch sog. Hybridschockräume – Schockräume mit integrierter CT- und OP-Einheit – sich das funktionelle Outcome insbesondere der Patienten nach penetrierenden Traumata verbessern lässt (Kinoshita et al., 2018; Wieck et al., 2018). Auch hier lässt sich diskutieren, dass die kurzen Entfernungen zu einer verkürzten Versorgungszeit führen und hierdurch das Outcome verbessert wird. Die Auswirkung der verkürzten Anwesenheit des Patienten im Schockraum bis zur CT-Diagnostik auf das Outcome sowie die Mortalität und Morbidität konnte im Rahmen dieser Erhebung nicht bewertet werden.

### Limitationen

Im Sinne der Fragestellung waren lediglich im Untersuchungszeitraum 32 Patienten suffizient auszuwerten. Dies ist im Hinblick auf die seltenen schweren Traumata im Kindesalter nicht verwunderlich, verringert jedoch die statistische Aussagekraft. Insbesondere konnten wir keine Aussagen zu den Untergruppen treffen; hier ließ sich eine Korrelation statistisch nicht berechnen. Somit konnte nicht analysiert werden, ob es Diagnosen gibt, welche sich hinsichtlich der Dauer der Versorgung unterscheiden. Auch konnten wir lediglich retrospektive Daten auswerten.

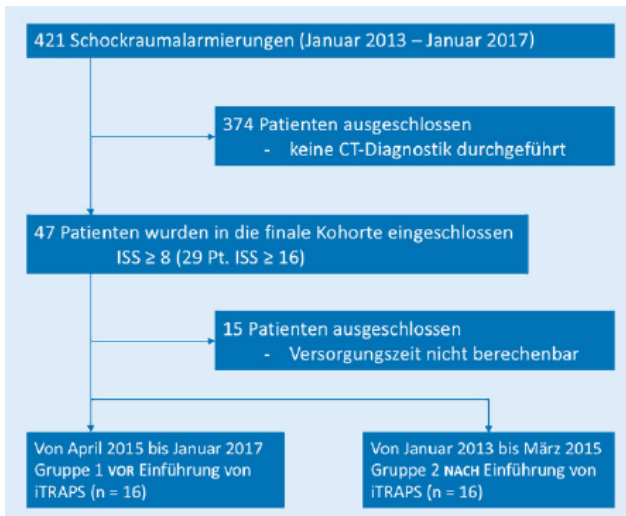


## **Fazit für die Praxis**

Die Versorgungszeit kann als Surrogat-Parameter einer zeitkritischen Traumaversorgung für die Versorgungsqualität im Schockraum für Kinder herangezogen werden. Nach Einführung des iTRAPS-Konzepts konnte diese hochsignifikant reduziert und mehr als halbiert werden. Über eine interdisziplinär konsentrierte Neuorganisation der Patientenversorgung, Verbesserung der Infrastruktur sowie Einführung standardisierter Versorgungsabläufe wurde die Patientenversorgung im Schockraum für Kinder erheblich stringenter. Das im Akronym iTRAPS bezeichnete Konzept soll ein Grundgerüst der Schockraumversorgung im Kindesalter darstellen. Neben der strukturiert ablaufenden Schockraumversorgung sollten die überaus positive Akzeptanz des Algorithmus bei den beteiligten Mitarbeitenden im Schockraum und die signifikante Verkürzung der Versorgungszeit im Schockraum andere Kliniken ermutigen, für die jeweils eigene Klinik spezifische Kinderprotokolle zur Schockraumversorgung zu erarbeiten und vorzuhalten, um die Struktur- und Prozessqualität bei der Versorgung schwer verletzter Kinder flächendeckend zu optimieren. Ob sich hierdurch die Mortalität senken und die Morbidität reduzieren lassen, und inwieweit sich das Outcome verbessert, sollte in weiteren, prospektiven Studien analysiert werden.

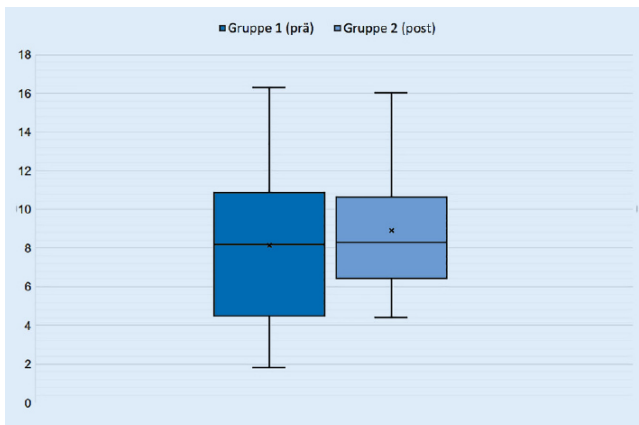


Abbildung 3:



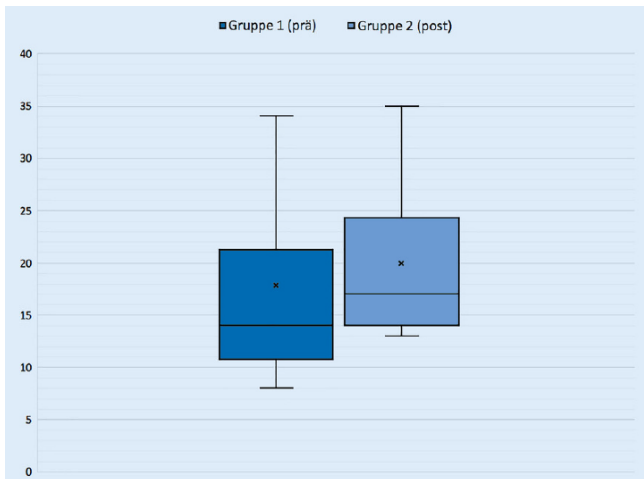
Patientenauswahldiagramm

Abbildung 4:



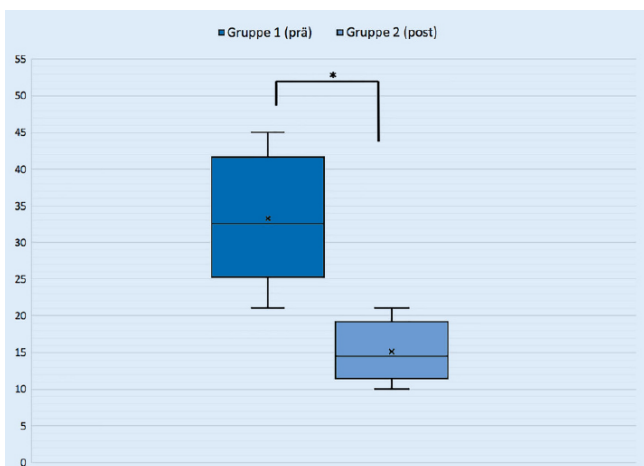
Die beiden Gruppen unterschieden sich hinsichtlich des Alters der Patienten nicht signifikant ( $p = 0,59$ ; Gruppe 1: min. 1,8, max. 16,3; Mean 8; Median 8; Range: 14 Jahre. Gruppe 2: min. 4,4, max. 16; Mean 8,8; Median 8,3; Range: 11,6 Jahre).

Abbildung 5:



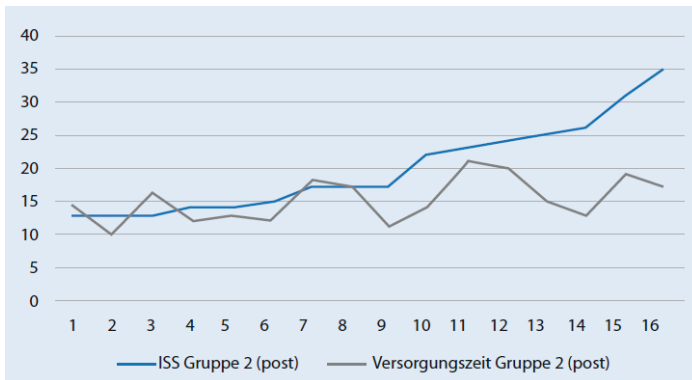
Der Injury Severity Score (ISS) wies in beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied auf ( $p = 0.52$ ; Gruppe 1: min. 8, max. 34; Mean 18.8; Median 14; Range: 26. Gruppe 2: min. 13, max. 35; Mean 20.6; Median 17; Range: 22).

Abbildung 6:



Die Versorgungszeit im Schockraum hat sich hoch signifikant von 33 min auf 15 min reduziert (Gruppe 1: min. 21, max. 45; Mean 33; Median 32,5; Range: 24 min. Gruppe 2: min. 10, max. 21; Mean 15; Median 14,5; Range: 11 min;  $p < 0.01$ ).

Abbildung 7:



Die Versorgungszeit in Abhängigkeit vom ISS: Die Versorgungszeit unduliert unabhängig von der Verletzungsschwere um den Mittelwert von 15 min.

Tabelle 1:

Tab. 1 ISS-Kalkulator		
AIS-Score	Kopf	1–6
	Gesicht	1–6
	Thorax	1–6
	Abdomen	1–6
	Extremitäten	1–6
	Allgemein	1–6
ISS	(Berechnet)	6–75

ISS-Kalkulator gemäß [www.trauma.org](http://www.trauma.org)  
*AIS* Abbreviated Injury Scale, *ISS* Injury Severity Score

ISS-Calculator

Tabelle 2:

<b>Tab. 2</b> Verteilung der führenden Diagnosen in den beiden Gruppen			
<b>Diagnose</b>	<b>Gruppe 1 (vor iTRAP<sup>s</sup>)</b>	<b>Gruppe 2 (nach iTRAP<sup>s</sup>)</b>	<b>Gesamt <i>n</i> (%)</b>
Schädel-Hirn-Trauma	11	13	24 (75)
Thoraxtrauma	2	5	7 (22)
Abdomentrauma	10	9	19 (60)
Extremitäten und Becken	8	13	21 (66)
Isolierte Wirbelsäulenverletzung	1	0	1 (3)

Verteilung der führenden Diagnosen in den Gruppen 1 und 2.

**F LEICHTES SCHÄDEL-HIRN-TRAUMA IM KINDESALTER: EINE POST  
CONCUSSION ANALYSE.**

Publikation (Wendling-Keim, König, Dietz, & Lehner,  
2017)

***AMBULATORY OR INPATIENT MANAGEMENT OF MILD TBI IN  
CHILDREN: A POST-CONCUSSION ANALYSIS.***

D. Wendling, B. Schuster, A. König, H.-G. Dietz, **M.  
Lehner**

Pediatr Surg Int. 2017 Feb; 33(2):249-261.  
doi: 10.1007/s00383-016-4021-z. Epub 2016  
Nov 17. PubMed.

**IF: 1.476**

Mit einer Inzidenz von 185 pro 100.000 Kinder stellt das leichte Schädel-Hirn-Trauma (SHT) eine der häufigsten Verletzungen im Kindesalter dar. Die Patienten werden in der Regel in der pädiatrischen Notaufnahme behandelt (Casey, Ludwig, & McCormick, 1986; Stocchetti, Conte, Ghisoni, Canavesi, & Zanaboni, 2010). Es lässt sich in den letzten Jahren eine zunehmende Prävalenz verzeichnen (Cheng et al., 2016). Die Therapie für traumatische Schädel-Hirnverletzungen bei Kindern wird unter Verwendung von Leitlinien aus dem Erwachsenenalter festgelegt (Rusticali, Villani, & Working, 2008) (Foundation, 2007). Das Management schwerer traumatischer Hirnverletzungen bei pädiatrischen Patienten wurde in unterschiedlichen Gremien – sei es in Leitlinien oder einzelnen Therapieempfehlungen – geregelt (Adelson, Bratton, Carney, et al., 2003).

Die Behandlung von Kindern nach leichtem SHT wird jedoch weiterhin in den Fachgesellschaften kontrovers diskutiert (Nigrovic et al., 2015; Schnadower, Vazquez, Lee, Dayan, & Roskind, 2007). Insbesondere scheint dies der Tatsache geschuldet, dass intrazerebrale Läsionen bei Säuglingen und Kleinkindern auch ohne nennenswerte äußere Verletzungen auftreten können (Dietrich, Bowman, Ginn-Pease, Kosnik, & King, 1993) und somit die klinische Beurteilbarkeit eingeschränkt ist.

Daher bleibt die Unterscheidung zwischen leichtem und klinisch relevantem leichtem SHT aufgrund der Symptome des Patienten direkt nach dem Trauma zunächst eine Herausforderung.

Frühere Studien konzentrieren sich auf den in der Anamnese berichteten Bewusstseinsverlust, um die Indikation für eine Bildgebung zu rechtfertigen. Jedoch spielen auch ein Kopfschwartenhämatom und der Unfallmechanismus eine Rolle (Kuppermann et al., 2009; Schnadower et al., 2007; Schutzman et al., 2001; Schutzman & Greenes, 2001). Darüber hinaus wurde die Dauer des Krankenhausaufenthaltes mit einem vagen Konsens über einen Mindestaufenthalt von 24 h diskutiert (AAo, 1999). Unter Berücksichtigung der oben genannten Fakten bedarf es allgemein anerkannter Richtlinien für die Behandlung von Minderjährigen mit leichtem SHT.

Ziel dieser Studie war es, die Anwendung der modifizierten PECARN-Empfehlungen zu untersuchen (Schonfeld et al., 2014) (Eyres, Carey, Gilworth, Neumann, & Tennant, 2005; King, Crawford, Wenden, Moss, & Wade, 1995; Potter, Leigh, Wade, & Fleminger, 2006).

## **Methoden**

Die Studie wurde retrospektiv durchgeführt. Aus dem elektronischen Archiv des Dr. von Hauner'schen Kinderspitals wurden in einem Zeitraum von 6 Monaten 478 Patienten mit leichtem SHT im Alter von 0-18 Jahren ausgewählt, die in der Kinderchirurgischen Klinik behandelt wurden. Patienten mit jeglicher Art von schwerem SHT (GCS < 13) während der Erstuntersuchung wurden von der Studie ausgeschlossen.



Gründe für die stationäre Aufnahme in das Krankenhaus waren: schwerer Verletzungsmechanismus (z.B. Sturz aus mehr als der doppelten Körpergröße des Patienten, Autounfall), Auffälligkeiten bei der klinischen und neurologischen Untersuchung, die auf intrakranielle Verletzungen hinweisen: z.B. Erbrechen, Bewusstseinsverlust, neurologische Defizite und auffällige Verletzungen von Gesicht, Schädel und Kopfhaut. Die stationäre Behandlung bestand aus Bettruhe, Überwachung der Sauerstoffsättigung, der Herzfrequenz, des Blutdrucks und der pädiatrischen *Glasgow-Coma-Skala* (GCS), die jede Stunde innerhalb der ersten 6 Stunden nach der Aufnahme erhoben und aufgezeichnet wurden. Nach diesem Zeitraum wurden die Überwachungsintervalle entsprechend dem Zustand des Patienten verlängert. Alle anderen Patienten wurden ambulant behandelt: Nach gründlicher Untersuchung durch den Kinderchirurgen wurde die Familie über mögliche Symptome und Anzeichen einer höher gradigen Schädel-Hirnverletzungen informiert und in eine Überwachungsphase für die folgenden 48 Stunden eingewiesen. Die Familie erhielt auch eine Informationsbroschüre in ihrer Sprache.

Anhand von Patientenakten und einem modifizierten *Rivermead*-Fragebogen konnte das Behandlungsergebnis bei 267 Patienten analysiert werden.

Die Analyse wurde unter Berücksichtigung der Symptome zum Zeitpunkt der Präsentation, während der stationären Behandlung, bei der Entlassung und im weiteren Verlauf durchgeführt.

Darüber hinaus wurde die Zufriedenheit des Patienten und seiner Eltern ebenso analysiert wie die Frage nach einer weiteren Behandlung nach der Entlassung auch in einem anderen Krankenhaus notwendig wurde. Die Fragen nach den Folgen des Unfalls wurden mit einem leicht modifizierten *Rivermead*-Fragebogen (Eyres et al., 2005; King et al., 1995; Potter et al., 2006) untersucht, wie in Abb. 1 dargestellt. Die Patienten und ihre Familie beantworteten die Fragen etwa 3-8 Monate nach dem Trauma.

Der Pearson's Chi-Quadrat-Test wurde angewendet. Die statistische Analyse wurde mit IBM SPSS statistics 20.0 durchgeführt. Die statistische Signifikanz wurde auf einen Alpha-Level von  $P \leq 0.05$  festgelegt. Alle Daten wurden unwiderruflich anonymisiert und diese Studie wurde nach den Richtlinien der Ethikkommission unserer Institution durchgeführt.

## **Ergebnisse**

### Studienpopulation

Das Durchschnittsalter aller Patienten lag bei 4,1 Jahren mit einer Bandbreite zwischen 1 Monat und 16 Jahren (Abb. 2). Jungen waren mit einem Anteil von 55,8% häufiger betroffen, als Mädchen. 127 Patienten wurden stationär im Krankenhaus und 140 ambulant behandelt, so dass hier ein ausgewogenes Verhältnis vorlag und die beiden Gruppen vergleichbar waren. Das Durchschnittsalter der ambulanten Patienten betrug 4,1 Jahre mit einem Median von 2,75 Jahren. Obwohl es eine Vorgabe über eine großzügige stationäre Aufnahme von Patienten unter 6 Monaten in unserer Einrichtung gibt, fanden wir 5 Patienten zwischen 1 und 5 Monaten, die ambulant behandelt wurden. Hier erfolgte eine individuelle Entscheidung des diensthabenden Kinderchirurgen. Die Berechnung des Durchschnittsalters der stationären Patienten entsprach mit 4,1 Jahren denen der ambulanten Gruppe, wobei der jüngste weniger als ein Monat und der älteste 16 Jahre alt war.

### Verletzungsmechanismus und stationäre Aufnahme

Da bisher keine einvernehmliche Entscheidung darüber getroffen werden konnte, inwieweit der Verletzungsmechanismus bei der Festlegung der Behandlungsmodalitäten berücksichtigt werden sollte und aktuelle Studien auf den Verletzungsmechanismus durchaus hinweisen, konzentrierte sich unsere Studie auch auf diesen Punkt. Stürze aus einer Höhe von bis zu 1 m (z.B. Sturz vom Sofa) und Stürze von 1 bis 2 m Höhe (Stürze vom Wickeltisch) waren die häufigsten Gründe (33,6 bzw. 21,3%) für die Hospitalisierung, gefolgt von Stürzen aus dem Stehen und Kollisionen mit anderen Objekten (14,8 bzw. 19,7%). Stürze aus einer Höhe von mehr als 2 m und Verkehrsunfälle wurden lediglich in acht Fällen registriert.

Patienten unter 6 Monaten wurden in die Gruppe der Stürze von 1 bis 2 m Höhe eingeteilt, während Unfälle mit Fahrrädern, Rollern und Stürzen von mehr als 2 m für Kinder über 5 Jahre als Ursache registriert wurden. Unfälle ereigneten sich

hauptsächlich zu Hause oder bei Sport- oder Spielaktivitäten (54,5 bzw. 17,9%), während Autounfälle und Unfälle auf dem Weg zur Schule selten waren (Abb. 3).

#### Klinische Symptome innerhalb der Kinder unter stationärer Beobachtung

Von allen Patienten mit leichtem SHT zeigten 15.6% keinerlei neuro-vegetative Symptome. Allerdings wiesen 84.4% Übelkeit oder Erbrechen, Kopfschmerzen, Bewusstlosigkeit, Müdigkeit, verminderter Allgemeinzustand, Schwindel und blaue Flecken am Kopf auf. Die meisten Kinder hatten mehr als ein Symptom. Lediglich 7.4% der hospitalisierten Patienten waren bis zu einer Minute bewusstlos. 53.3% der hospitalisierten Patienten präsentierten sich mit einmaligem oder rezidivierendem Erbrechen. Bemerkenswert ist, dass 91.8% der hospitalisierten Patienten Kopfschmerzen verneinten und 69.7% keine Anzeichen von Hämatom, Schwellung oder Prellung am Kopf aufwiesen (Tabelle 1). Auf der anderen Seite ergaben die Auswertungen, dass keiner der ambulant behandelten Patienten Anzeichen von Erbrechen, fokalen neurologischen Defiziten, Bewusstseinsstörungen oder Schädelfrakturen akut und im Verlauf zeigte. Kein Patient aus der ambulanten Gruppe musste im Verlauf weder in unsere noch in eine andere Klinik stationär aufgenommen werden.

Um das Risiko einer intrazerebralen Blutung anhand der Symptome zu bewerten, bietet diese Studie trotz der insgesamt großen Studienpopulation nur 2 Fälle. Bei einem Neugeborenen zeigte eine Sonographie eine Schädelfraktur und ein epidurales Hämatom nach dem Sturz vom Bett seiner Mutter; weitere klinische Zeichen waren nicht vorhanden. Der zweite Fall war ein 10 Wochen alter Säugling, der mit blauen Flecken und wiederholtem Erbrechen auffiel.

#### Bildgebende Verfahren für Patienten mit leichtem SHT

Lediglich in 9.3% der 140 ambulant behandelten Patienten wurde eine Bildgebung durchgeführt (8 Sonographien, 3 Röntgenaufnahmen des Schädels und 2 CT-Scans). Diese schlossen jeweils intrakranielle Pathologien aus (Abb. 4).

In der Gruppe der stationär behandelten Patienten wurden bei 37.1% bildgebende Verfahren durchgeführt (39 Sonographien, 2 Röntgenaufnahmen des Schädels und 3 CT-Scans, 5 MRT-Untersuchungen), was eine signifikant höhere Häufigkeit von bildgebenden Verfahren in der stationär behandelten Gruppe ergab (P-Wert = 0.000008; Chi-Quadrat-Statistik 25.5062). Es konnten in drei Fällen pathologische Befunde erhoben werden (Abb. 4).

#### Behandlung und Nachsorge innerhalb der ambulanten Patientengruppe

Die Kriterien für den Krankenhausaufenthalt sind unter "Methoden" aufgeführt. Im Falle einer ambulanten Behandlung wurde die Familie über mögliche Symptome und Anzeichen innerhalb der folgenden 48 Stunden eines SHTs informiert.

Die Auswertung des Fragebogens zeigte, dass 73.4% der ambulanten Patienten nach der Untersuchung in unserer Notaufnahme keine medizinische Nachuntersuchung durchgeführt hatten. Lediglich 26.6% aller ambulanten Kinder wurden nach der primären Untersuchung von ihrem Kinderarzt untersucht. Hierunter waren jedoch sechs Patienten, bei denen der Termin bereits vor dem Unfall vereinbart war: einer hatte z.B. aufgrund von Zahnproblemen eine bereits vereinbarte Nachuntersuchung. Ein weiterer der ambulanten Patienten wurde im Rahmen eines erneuten Besuches in der Notaufnahme dann stationär aufgenommen. Dies erfolgte jedoch nicht aufgrund des SHTs, sondern wegen eines Traumas am Ohr (Abb. 5). Die Ergebnisse des Fragebogens konnten somit die angewandten Richtlinien bestätigen.

#### Behandlung und Nachsorge innerhalb der stationären Patientengruppe

Die stationäre Behandlung bestand aus Bettruhe, Überwachung der Sauerstoffsättigung, der Herzfrequenz, des Blutdrucks und der pädiatrischen Glasgow-Coma-Skala, die stündlich während der ersten 6 Stunden nach der Aufnahme erhoben wurden. Danach wurden die Zeitabstände zwischen den Überwachungen entsprechend dem Zustand des Patienten vergrößert.

Die Dauer der stationären Behandlung betrug 1 oder 2 Tage in 94.3%, wobei lediglich sieben Patienten länger als 2 Tage stationär beobachtet wurden. Dies erfolgte hauptsächlich aufgrund von Begleitverletzungen (Tabelle 2). Vier Patienten (3.1%) wurden nach weniger als 24 Stunden auf Wunsch ihrer Eltern entlassen. Darüber hinaus wurde ein Kind mit einer isolierten Schädelfraktur 8 Tage lang überwacht und ein Neugeborenes mit einer Schädelfraktur und einem epiduralen Hämatom operiert und ebenfalls 8 Tage postoperativ überwacht. Ein 10 Wochen altes Kind mit einer intrakraniellen Blutung und einer Schädelfraktur wurde 5 Tage lang überwacht und nach 4 Wochen und 6 Monaten mit einem MRT nachuntersucht. Aufgrund des Fehlens neurologischer Symptome haben wir sie in unsere Studie über leichte Hirnverletzungen aufgenommen.

64.6% der stationären Patienten (82 Kinder) haben nach ihrer Entlassung keine Nachuntersuchung in Anspruch genommen. Allerdings präsentierten sich 41 Kinder ihrem Kinderarzt für eine Untersuchung, obwohl sie keine Symptome aufwiesen und 3 nahmen an einer Routine Vorsorgeuntersuchung teil, die vor dem Unfall bereits geplant war. Ein Kind war nach seiner Entlassung für die Wiederaufnahme in die Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie vorgesehen. Die Rate der medizinischen Konsultationen war in der stationären Gruppe deutlich höher als in der ambulanten Gruppe (P-Wert 0.045416; Chi-Quadrat-Statistik 4.0031). 33.1% der stationären Patienten wurden anschließend ambulant beim Kinderarzt vorstellig, verglichen mit lediglich 22.1% in der ambulanten Gruppe (Abb. 5).

### Post-Concussion-Syndrom bei ambulanten und stationären Patienten

Für die Beurteilung und Quantifizierung von Langzeitsymptomen nach leichtem SHT haben wir einen Fragebogen verwendet, der an die Familien der Patienten verschickt wurde (Abb. 1).

Von 140 ambulant behandelten Patienten waren lediglich bei 4 Kindern (2.9%) im Alter zwischen 4.5 und 7.3 Jahren innerhalb der ersten 3-8 Monaten Spätsymptome nach Trauma zu verzeichnen. Ebenso zeigte die Analyse in der Gruppe der stationären Patienten bei 6 von 127 Kindern entsprechende Symptome, hinweisend auf ein post-concussion Syndrom.

Dies entspricht einer Prävalenz von 4.7% aller stationär behandelten Patienten mit einem Alter zwischen 4 Monaten und 14.2 Jahren. Hier lag das Durchschnittsalter der Patienten mit post-concussion Syndrom bei 9.5 Jahren und der Median bei 10.5 Jahren. Das jüngste Kind war jedoch erst 4 Monate alt (Abb. 6). Insgesamt beklagten sich nur zehn Patienten bzw. 3.7% über Symptome im Sinne eines post-concussion Syndroms. Insbesondere war der Unterschied zwischen dem Prozentsatz der stationären (4.7%) und ambulanten (2.9%) Patienten nicht signifikant (P-Wert 0.47; Chi-Quadrat-Statistik 0.5288), was einen korrekten Entscheidungsprozess über die Aufnahme dieser Patienten bestätigt.

### Patientenzufriedenheit der ambulanten und stationären Patientengruppe

Um unsere Studie abzuschließen, haben wir einen Fragebogen zur Zufriedenheit von Patienten und Eltern entwickelt und eine offene Frage hinzugefügt sowie Verbesserungsvorschläge am Ende des Fragebogens eingeholt.

Von allen auswertbaren, ambulanten Patienten bewerteten 94.9% die Untersuchung als gut, sehr gut oder außergewöhnlich, während dies bei 96.4% aller stationär behandelten Kinder der Fall war. Die Verfügbarkeit und die Zeit, die mit dem ambulanten Patienten verbracht wurde, wurde in 92.7% der Fragebögen als gut und ausreichend bewertet und die Empfehlung unserer Notaufnahme wurde von 93.3% der ambulanten Patienten bestätigt (Abb. 7 a-e).

Um alle Fragen vergleichen zu können und eine Punktzahl für die Gesamtzufriedenheit des Patienten zu erhalten, haben wir jeder Frage eine Punktzahl von vier oder fünf Punkten zugeordnet, die höchste Punktzahl zeigt das bestmögliche Ergebnis. Die Ergebnisse wurden in vier Kategorien zusammengefasst (Tabelle 3). Es zeigte sich eine hohe Gesamtzufriedenheit von 95% (Abb. 7f).

Hauptpunkt der Kritik war die Dauer der Wartezeit. Die Ergebnisse für stationäre Patienten waren ähnlich (Abb. 8a-e). Auch hier war die Gesamtzufriedenheit mit einer Zufriedenheitsquote von 95.3% vergleichbar hoch (Abb. 8f). Hauptkritikpunkt war im stationären Bereich die unzureichende Information über Diagnose und Behandlungsplan.

Insgesamt konnten wir zeigen, dass die Patientenzufriedenheit sehr gut und nicht signifikant unterschiedlich zwischen ambulanten und stationären Patienten war. Dies deutet darauf hin, dass sowohl das Aufklärungsgespräch über mögliche Risiken für zu Hause verstanden als auch die Notwendigkeit der stationären Behandlung erkannt wurde (Tabelle 4).

Abschließend zeigt unsere Studie, dass die Behandlung von ambulanten und stationären Patienten mit leichtem SHT nach der Umsetzung der etwas modifizierten PECARN-Regeln sicher und kompetent war. Es war keine weitere Behandlung bezüglich ihrer Kopfverletzung erforderlich. Die registrierten sieben Fälle, die einer weiteren Behandlung bedurften, waren auf Begleitverletzungen – und nicht auf die Kopfverletzung selbst – zurückzuführen.

## **Diskussion**

Die verbleibende Herausforderung bei der Behandlung von leichtem SHT im Kindesalter ist und bleibt die Entscheidung über die stationäre Aufnahme in das Krankenhaus. Dem gegenüber steht die Beobachtung zu Hause durch die Eltern sowie über bildgebende Verfahren. Obwohl das Durchschnittsalter unserer Studienpopulation 4,1 Jahre betrug, bestand der größte Teil der Patienten aus Säuglingen unter einem Jahr (27,3%). Dies bestätigt das zuvor geschilderte höhere SHT-Risiko von Säuglingen aufgrund ihrer wachsenden Mobilität in Kombination mit ihren unreifen motorischen Fähigkeiten, weist aber auch auf eine erhöhte Vorsicht und Sensibilisierung der Eltern in dieser Phase der kindlichen Entwicklung hin. Allerdings ist bekannt, dass Kinder unter 2 Jahren ein höheres Risiko für intrazerebrale Läsionen nach einem Kopftrauma haben und als nonverbaler Patient schwieriger zu beurteilen sind. Daher muss dieser Altersgruppe (Gruskin & Schutzman, 1999; Kuppermann et al., 2009; Pietrzak, Jagoda, & Brown, 1991; Schutzman et al., 2001; Schutzman & Greenes, 2001) noch mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Glücklicherweise kann die Sonographie durch die Fontanelle wie auch transkraniell bei Patienten bis zum Alter von 18 Monaten je nach Verschluss

der Fontanelle ohne bekannte Nebenwirkungen sicher durchgeführt werden. Diese stellte dementsprechend die am häufigsten verwendete, bildgebende Methode in dieser Studie dar. Die Diskussion über bildgebende Verfahren konzentriert sich hauptsächlich auf ältere Patienten, obwohl in einigen Fällen die Sonographie durch eine CT oder MRT ergänzt werden muss (Kuppermann et al., 2009; Nigrovic et al., 2015) (M. Lehner, Deininger, S., Wendling-Keim, D., 2019).

Da die Interpretation der Symptome nach wie vor eine Herausforderung für die Behandlungsplanung und insbesondere für die Entscheidung über eine ambulante oder stationäre Therapie ist, wurden Zeichen und Symptome für ein leichtes SHT analysiert.

In dieser Studie waren die Symptome, die zu einem Krankenhausaufenthalt führten, hauptsächlich Übelkeit und Erbrechen (55%) sowie Bewusstseinsstörungen einschließlich Amnesie (35%). Weitaus seltener wurden Kopfschmerzen (9%) und Schwindel (5%) festgestellt. Drei Patienten wurden mit einer Schädelfraktur diagnostiziert, von denen zwei eine intrakranielle Blutung aufwiesen. Bemerkenswert ist, dass keiner von ihnen ein neurologisches Defizit zeigte und nur ein Patient unter rezidivierendem Erbrechen litt, was die Schwierigkeit der Identifizierung eines klinisch relevanten SHTs unterstreicht. Interessanterweise wurde in der gesamten Studienpopulation kein Patient mit einem fokalen neurologischen Defizit gefunden. Keiner der ambulanten Patienten hatte eines der oben genannten Symptome außer einer Kopfschmerzerkrankung. Diese Ergebnisse stimmen mit der Literatur überein, die widerspiegelt, dass Erbrechen, Bewusstseinsstörungen, Schädelfrakturen und fokale neurologische Defizite Anzeichen für eine mögliche intrakranielle Läsion darstellen und somit legitime Kriterien für eine stationäre Überwachung des Patienten darstellen (Kuppermann et al., 2009; Schnadower et al., 2007; Schutzman et al., 2001; Schutzman & Greenes, 2001) (Dunning et al., 2004) (Palchak, Holmes, & Kuppermann, 2009).

Nahezu alle intrakraniellen Blutungen wurden innerhalb von 24 - 48 h nach dem Trauma klinisch symptomatisch. Somit richten sich auch die (internationalen) Empfehlungen zur Dauer des Krankenhausaufenthaltes an diesen Zeitraum (AAo, 1999; Boran et al., 2006; Nigrovic et al., 2011). Da die Mehrheit der stationär



beobachteten Patienten (55.3%) in dieser Studie 48 Stunden lang beobachtet wurde und die Patientenzufriedenheit in der Krankenhausgruppe ebenso gut war wie in der ambulanten Gruppe, kommen wir zu dem Schluss, dass eine Beobachtung für 48 Stunden tolerierbar ist und aus medizinischen Gründen empfohlen werden muss.

Darüber hinaus hat die Mehrheit der Patienten nach der Entlassung keinen weiteren medizinischen Rat eingeholt, was unsere Vorgehensweise bestätigt. Dennoch können wir feststellen, dass erneute Arztbesuche nach einem leichten SHT bei Patienten aus der Krankenhausgruppe signifikant häufiger waren als bei Kindern in der ambulanten Gruppe. Dies bestätigt den angewandten Algorithmus, der zur Krankenhausaufnahme führt, und stellt sicher, dass ambulante Patienten auf der einen Seite ausreichend informiert wurden und auch nach der Entlassung aus dem Notfallzentrum auf der anderen Seite keine Komplikationen aufwiesen. Darüber hinaus ist es sinnvoll, dass Patienten, die Symptome entwickelt haben, welche eine Aufnahme erforderlich machten, nach der Entlassung häufiger untersucht werden als die der ambulanten Gruppe. Darüber hinaus haben wir ein Übergewicht von Kindern im Alter von 2 Jahren und jünger festgestellt, die nach der Entlassung in einer Arztpraxis erneut untersucht wurden, was dem oben genannten erhöhten Risiko von Komplikationen in dieser Altersgruppe entspricht.

Der hier angewandte Algorithmus stellt eine Grundlage dar für eine sichere Entscheidungsfindung hinsichtlich der Weiterbehandlung im ambulanten oder stationären Setting. Es gab keinen Patienten, der nach der Entlassung Komplikationen entwickelte.

Um das mittelfristige Ergebnis nach leichtem SHT im Kindesalter zu analysieren, wurde der Beginn eines post-concussion Syndroms mit einem modifizierten *Rivermead*-Fragebogen untersucht. Nur 4 Patienten aus der ambulanten Gruppe und 6 Patienten aus der stationären Gruppe beschrieben Probleme im Sinne eines post-concussion Syndroms 3-8 Monate nach dem Trauma, was einem Gesamtanteil von nur 3.7% entspricht. In Anbetracht der Literatur liegt dieser Prozentsatz innerhalb der zuvor beschriebenen Bandbreite von 11-35% nach 3 Monaten und 2.3% nach 1 Jahr (AAo, 1999; Barlow et al., 2010; Boran et al., 2006; Schnadower et al., 2007; Yeates et al., 1999). Interessanterweise unterschied sich der Prozentsatz der Patienten, die ein post-concussion Syndrom entwickelten, nicht

signifikant zwischen der ambulanten und der stationären Gruppe. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Erfassung von „Nebenwirkungen“ mit einem Fragebogen nicht ganz objektiv ist.

Darüber hinaus wurde eine hohe allgemeine Patientenzufriedenheit festgestellt, mit einer geringen Zufriedenheit in nur 4.7% bei ambulanten und 5% bei stationären Kindern. Auch dies spiegelt wider, dass sich die Eltern der ambulant behandelten Patienten bei der Beobachtung ihrer Kinder zu Hause nicht unsicher fühlten, während hospitalisierte Patienten gut mit der stationären Überwachung zurechtkamen. Dies bedeutet auch, dass eine standardisierte Überwachung der im Krankenhaus stationär aufgenommenen Patienten nach SHT innerhalb der ersten 6 Stunden von den Patienten und Eltern akzeptiert wurde. Darüber hinaus kommen wir zu dem Schluss, dass die Patienteninformationen für die Beobachtung des Patienten zu Hause ausreichend waren, und wir empfehlen daher eine informative Broschüre, die den Familien übergeben wurde.

Darüber hinaus wurde die Analyse der Daten über den Verletzungsmechanismus und das Alter durchgeführt, um Präventionsprogramme zu planen.

Bemerkenswert ist, dass fast die Hälfte der Studienpopulation aus Säuglingen und Kleinkindern unter 24 Monaten bestand und mehr als 50% der Unfälle zu Hause stattfanden. Frühere Studien haben gezeigt, dass Säuglinge oft vom Arm ihrer Eltern fallen und anfälliger für Kindesmissbrauch sind, während Kleinkinder die Treppe hinunter oder auf dem Spielplatz fallen, junge Schulkinder häufiger Rad- und Autounfälle haben und ältere Schulkinder beim Sport verletzt werden (Barlow et al., 2010; Schnadower et al., 2007; Yeates et al., 1999).

Diese Berichte stehen im Einklang mit den Ergebnissen unserer Studie. Wir können bestätigen, dass Säuglinge und Kleinkinder hauptsächlich von 1 bis 2 m fallen, während ältere Kinder beim Spielen oder Sport verletzt werden. Dementsprechend bleiben diese Ergebnisse wichtige Instrumente für präventive Maßnahmen (Keenan & Bratton, 2006).

Die Grenzen der Studie im Allgemeinen sind ihre retrospektive Gestaltung. Durch den Fragebogen konnte nicht beurteilt werden, ob die Patienten vor der Beantwortung der Fragen bereits mehrere leichte SHTs erlitten hatten. Auch der

Rückruf der Eltern unterscheidet sich individuell. Wir haben lediglich in 56% der Fälle ein Feedback von kontaktierten Patienten erhalten. Der Fragebogen ist jedoch eine ideale Plattform für jede Art von Kritik, insbesondere die offenen Fragen, so dass das Feedback von unzufriedenen Patienten im Vergleich zu zufriedenen Patienten sogar überrepräsentiert sein kann. Darüber hinaus ist es bei sehr jungen Patienten schwierig, die Entwicklung von chronischen Anzeichen nach einer Gehirnerschütterung zu beurteilen, und nicht nur die Art der Therapie, sondern auch die Bedeutung des Traumas beeinflusst das Auftreten von Symptomen nach einer Gehirnerschütterung.

## **Fazit**

Der Algorithmus, der sich aus den PECARN-Regeln für die Aufnahme aller Patienten unter 6 Monaten nach einem SHT und älterer Patienten in Abhängigkeit von Anzeichen von Erbrechen und Übelkeit, fokalen neurologischen Defiziten, Bewusstseinsstörungen, Schädelfrakturen, Kopfhauthämatomen und dem Verletzungsmechanismus ausspricht, vermeidet erfolgreich Komplikationen in der analysierten Studienpopulation. Daher ist es besonders wichtig zu beachten, dass Patienten unter 2 Jahren und insbesondere Säuglinge unter 6 Monaten großzügig aufgenommen werden sollten, da sie nicht in der Lage sind, die Symptome zu kommunizieren und gerade in dieser Altersgruppe ein erhöhtes Risiko für intrakranielle Läsionen nach einem Kopftrauma aufweisen.

## Anhang

Abbildung 1:

### Questionnaire Quality control concerning the treatment of head injuries

1. Name(s) of your child: \_\_\_\_\_  
Surname: \_\_\_\_\_  
Date of birth: \_\_\_\_\_
  
2. When was your child treated in our hospital?  
\_\_\_\_\_
  
3. How old was your child when it was treated in our hospital?
  - < 6 Months
  - 6-12 Months
  - 12-24 Months
  - > 24 Months
  
4. Did you check in with an additional doctor in the days after presentation in our hospital?
  - No
  - Yes, check up at the pediatrician
  - Yes, presentation in another emergency room
  - Yes, in house-treatment in another hospitalWhich hospital?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
5. Were any of the following diagnostic devices used after your child's accident or during the next days?
  - None
  - Sonography (Ultrasound)
  - Radiography
  - Computed tomography
  - Magnetic resonance imaging (MRI)
  
6. In some people there might be certain symptoms following a head injury. We would like to know whether your child did experience any of those signs.  
Many of those symptoms are very common. Please compare the frequency of those symptoms prior to the head injury and afterwards.  
Please choose a number representing your answer.  
  
0 = never occurred  
1 = not a problem compared to before the head injury  
2 = slightly more common than before the head injury  
3 = a lot more frequent than before the head injury  
4 = very problematic

Does your child experience:

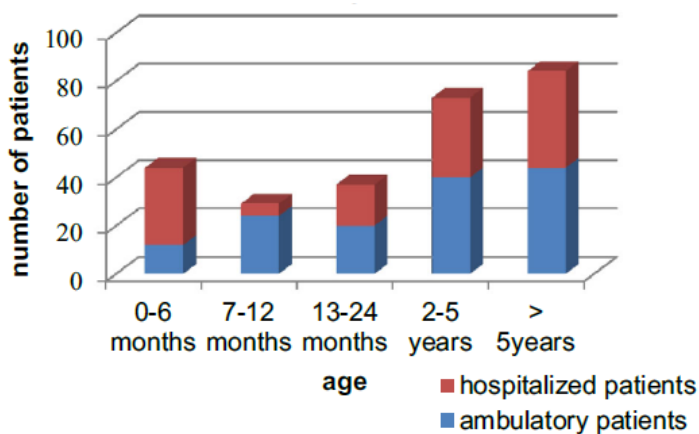
Headaches	0	1	2	3	4
Feelings of dizziness	0	1	2	3	4
Nausea and/or vomiting	0	1	2	3	4
Noise sensitivity	0	1	2	3	4
Sleep disturbance	0	1	2	3	4
Fatigue	0	1	2	3	4
Being depressed	0	1	2	3	4
Feeling frustrated	0	1	2	3	4
Forgetfulness	0	1	2	3	4
Poor concentration	0	1	2	3	4
Taking longer to think	0	1	2	3	4
Blurred vision	0	1	2	3	4
Light sensitivity	0	1	2	3	4
Double vision	0	1	2	3	4
Restlessness	0	1	2	3	4
Other symptoms:					
_____	0	1	2	3	4
_____	0	1	2	3	4

7. How do you feel about the examination that was performed on your child?
- Excellent
  - Very good
  - Good
  - All right
  - Deficient
8. Are you content with the treatment your child received?
- Very much
  - All right
  - Rather displeased
  - Very displeased
9. Did the consulting doctor explain your child's diagnosis and the further procedure?
- Excellent
  - Very good
  - Good
  - All right
  - Deficient
10. Did your doctor take the time to examine your child thoroughly and talk to you about it?
- A lot of time
  - Enough time
  - Scarcely enough time
  - No
11. Did you get an information hand out about head injuries?
- Yes
  - No

12. Would you recommend our hospital to a friend?
- Of course
  - I think so
  - I don't think so
  - Not at all
13. Does your child have a chronic disease like bronchial asthma, diabetes, epilepsy...?
- No
  - Yes: \_\_\_\_\_
14. Did your child spent some time in the hospital in the past or did it ever need surgery?
- No
  - Yes, in hospital-treatment because of \_\_\_\_\_
  - Yes, surgery \_\_\_\_\_
15. Suggestions for improvement
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

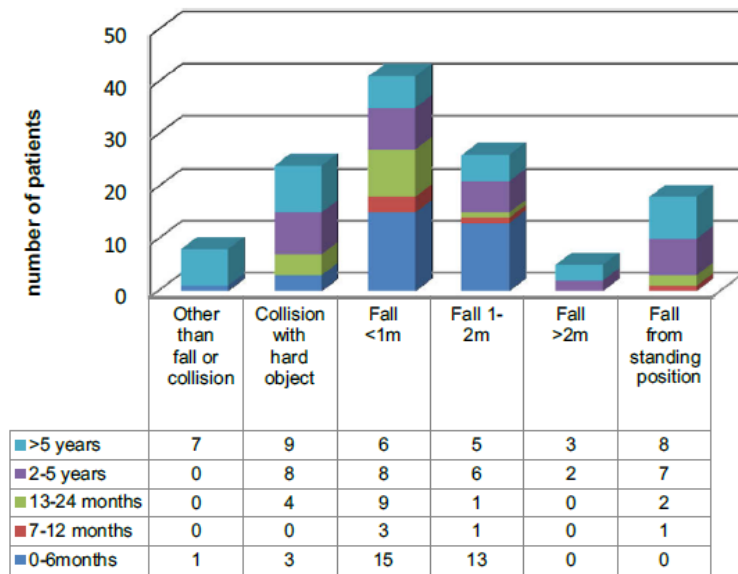
Der Fragebogen.

Abbildung 2:



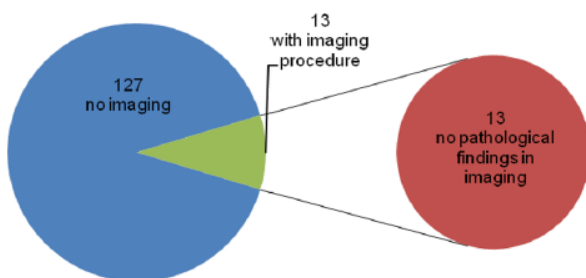
Altersverteilung der Patienten und Aufteilung in ambulante und stationäre Patienten.

Abbildung 3:

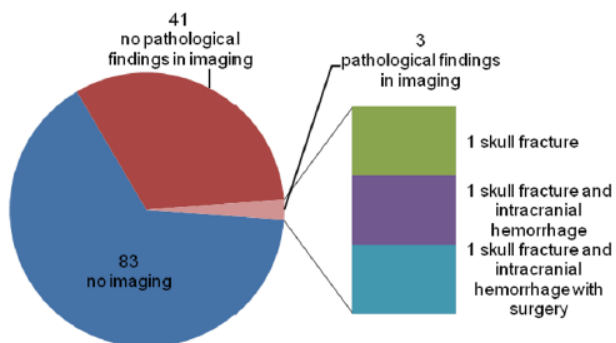


Verteilung des Unfallmechanismus in Abhängigkeit vom Alter.

Abbildung 4:



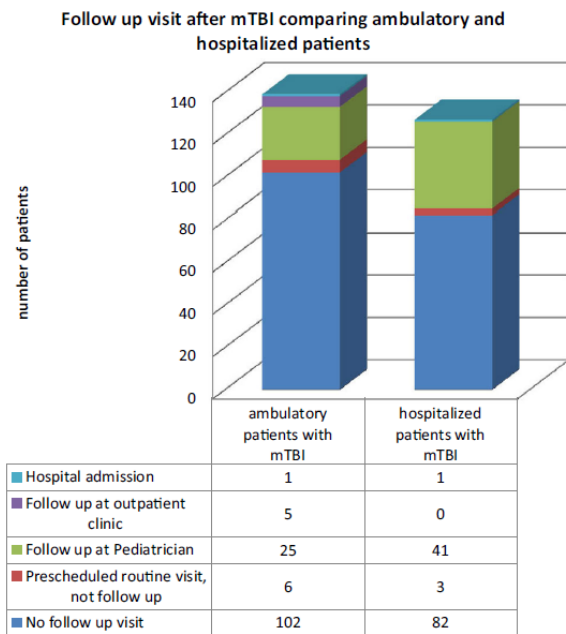
Results of imaging studies among hospitalized patient group



Lediglich 10.2% der ambulant behandelten Patienten erhielten eine kraniale Bildgebung, keiner von diesen hatte eine Pathologie.

34.6 der stationären Patienten erhielten eine Bildgebung des Kopfes, hier waren 2.4% pathologisch.

Abbildung 5:



Lediglich 77.9% der ambulant behandelten und 66.9% der stationären Patienten wurden später nach dem Unfall nicht nachuntersucht. Dies weist darauf hin, dass das Management des leichten SHT gemäß der angewandten Guidelines sicher war.

Abbildung 6:

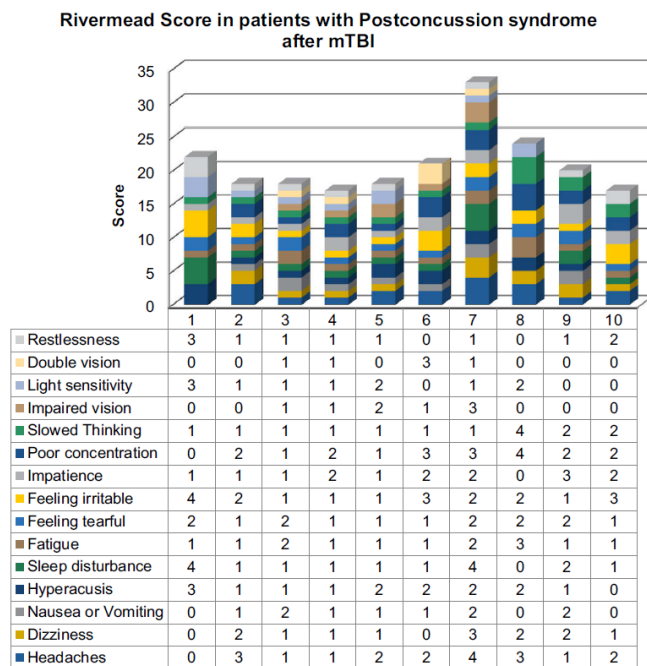
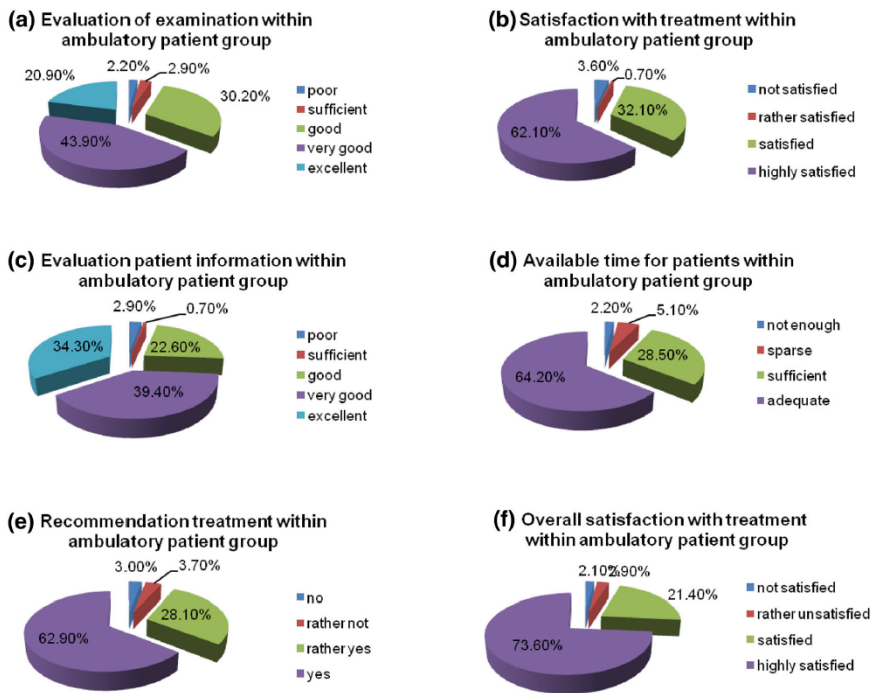


Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse des Fragebogens.

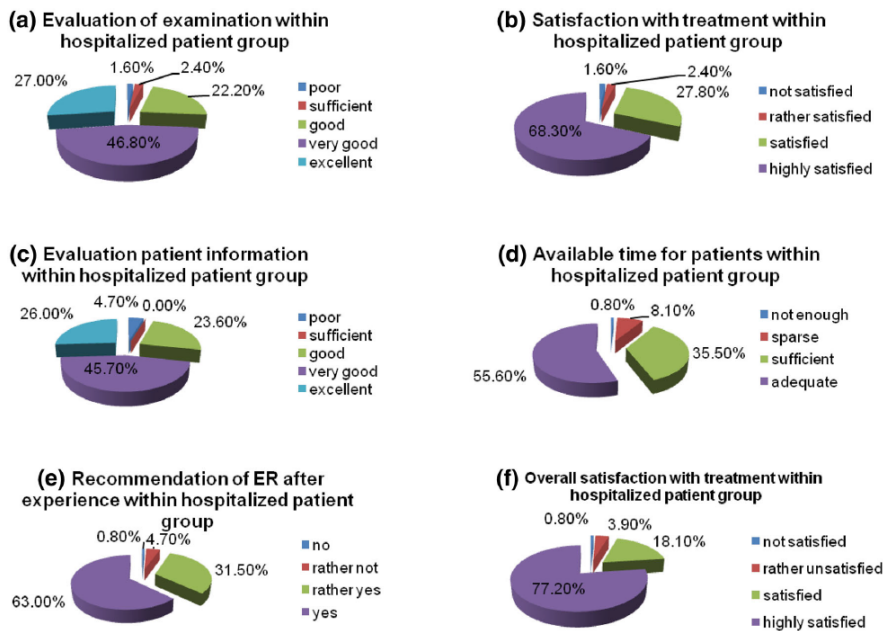


Abbildung 7:



Die Abbildung 7 zeigt die Patientenzufriedenheit der ambulant behandelten Patienten in allen Bereichen des Fragebogens.

Abbildung 8:



Die Abbildung 8 zeigt die Patientenzufriedenheit der stationär behandelten Patienten in allen Bereichen des Fragebogens.

Tabelle 1:

Signs and symptoms	Frequency	Percentage
Unconsciousness less than 1 min	9	7.4
Uncertain Unconsciousness	6	4.9
Vomiting once	31	25.4
Vomiting multiple	34	27.9
Nausea	1	2.5
Fatigue	26	21.3
Retrograde amnesia or disorientation	11	9
Somnolence	5	4.1
Mild headache	8	6.6
Severe headache	2	1.6
Mild vertigo	6	4.9
Severe vertigo	0	0
Hematoma	10	8.2
Bruising	23	18.9
Hematoma and bruising	3	2.5
Fluctuating Swelling	1	0.8

Symptome der hospitalisierten Patienten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 2:

Duration of inpatient treatment	Number of patients	Percentage
1 day	48	39
2 days	68	55.3
3 days	3	2.4
5 days	1	0.8
6 days	1	0.8
8 days	2	1.6
<24 h	4	0.3

55.3% der stationär behandelten Patienten wurde über 48 Stunden beobachtet. 39% wurden über 24h beobachtet.

Tabelle 3:

Classification of satisfaction categories	
Score	Category
<7	Not satisfied
7–12	Rather unsatisfied
13–17	Satisfied
18–22	Highly satisfied

Tabelle 3 zeigt die Zufriedenheits-Scores hinsichtlich der 4 Kategorien.

Tabelle 4:

Comparison of patient satisfaction of ambulatory and hospitalized patient group				
	Maximum possible score	Mean score ambulatory patients	Mean score hospitalized patients	<i>P</i> value
Examination	5	3.78	3.95	>0.5
Treatment	4	3.55	3.63	>0.5
Patient information	5	4.01	3.88	>0.5
Availability of treating doctor	4	3.55	3.46	>0.5
Recommendation	4	3.56	3.57	>0.5

Tabelle 4 vergleicht die Patientenzufriedenheit der beiden Gruppen.

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

---

Die Versorgung von angeborenen Fehlbildungen stellt den ureigenen Tätigkeitsbereich der Kinderchirurginnen und Kinderchirurgen dar. Neben Fehlbildungen der Bauchwand, der Speiseröhre, des Magen-Darm-Traktes, des Uro-Genitalsystems, der Lunge und der Extremitäten zählen die Fehlbildungen des Zentralnervensystems und des knöchernen Schädelskeletts zu den traditionell durch die Kinderchirurgie versorgten Fehlbildungen.

#### 3.1 DER VENTILVERSORGTE HYDROZEPHALUS

---

Ist durch die Fortschritte der pränatalen Medizin – sowohl diagnostisch als auch therapeutisch – die Prävalenz der Meningo-Myelozele deutlich regredient (Dixon, Kancherla, Magana, Mulugeta, & Oakley, 2019; Kancherla, Redpath, & Oakley, 2019; Oakley, 2019), so spielen im Zuge des Überlebens von immer jüngeren Kindern auch vor der 24. Schwangerschaftswoche Hirnblutungen immer noch eine Rolle (Huang et al., 2019). Insbesondere bei den extrem prämaturn geborenen Kindern ist das Risiko für Hirnblutungen und dann für die Entwicklung eines posthämorrhagischen Hydrozephalus gegeben. Die Prävalenz ist heute nicht mehr in dem Ausmaß gegeben, wie noch vor 30 Jahren. Allerdings kommt es auch in leistungsstarken und routinierten Neugeborenen-Abteilungen regelmäßig zu Fällen eines post-hämorrhagischen Hydrozephalus. Auch weisen selten einmal termingeborene Kinder ebenfalls Hirnblutungen auf.

Zentraler Punkt hinsichtlich der chirurgischen Therapie des Hydrozephalus stellt die Wahl und die Implantationsweise des ventrikulo-peritonealen Shunts dar. Die Weiterentwicklung der Shunt-Technologie aber auch der Operationstechniken haben wesentlich zur Verbesserung der Versorgungsqualität dieser Kinder beigetragen. Dennoch gibt es aktuell kein Ventil auf dem Weltmarkt, das eindeutige

und in Studien reproduzierbare Vorteile aufweist (Di Rocco, 1994; Rekate, 1993; Serlo et al., 1985). Dies erscheint bei der Heterogenität des Patientenkollektivs auch sehr schwierig zu erreichen.

Wir konnten zeigen, dass das Risiko hinsichtlich eines Shunt-Versagens in den ersten 12 Monaten nach Anlage des ventrikulo-peritonealen Shunt-Systems erhöht ist (Haberl et al., 2009). Nach Ablauf von 12 Monaten postoperativ sinkt die Revisionsrate jedoch rapide ab. Unsere Ergebnisse zeigten, dass 76 Prozent aller Re-Operationen und 89 Prozent aller Ventil-Explantationen innerhalb von 12 Monaten nach der Erstoperation durchgeführt wurden. Das Operationsrisiko verringerte sich in den ersten 2 Jahren nach der Operation alle 6 Monate um 50%.

Die Versorgung der Früh- und Neugeborenen mit einem posthämorrhagischen Hydrozephalus stellt die beteiligten Disziplinen immer wieder vor große Herausforderungen. Hier bleibt die Entwicklung der differenzierten neuroendoskopischen Techniken in den nächsten Jahren abzuwarten (d'Arcangues et al., 2018; Gaderer, Schaumann, Schulz, & Thomale, 2018; Schulz, Buhner, Pohl-Schickinger, Haberl, & Thomale, 2014).

So konnten wir im Vergleich zu anderen Ventil-Varianten keinen signifikanten Vorteil auf die Frühkomplikationsrate bei Kindern durch die Implantation des untersuchten Gravitationsventils nachweisen. Es konnte auf der anderen Seite jedoch auch kein Nachteil nachgewiesen werden.

Wir erfassen aktuell Daten von Patienten, die seit 2008 ein Gravitationsventil implantiert bekommen hatten, insbesondere, um Hinweise im Langzeitverlauf hinsichtlich des chronischen Überdrainage-Syndroms nach Shunt-Implantation zu erhalten. Die erwartete überlegene klinische Leistung der Gravitationsventile, die bisher nur in Labortests nachgewiesen werden konnte (Aschoff et al., 1995; Czosnyka et al., 1998), könnte in einer derartigen Langzeitstudie nachgewiesen werden.

Die in den letzten Jahren immer populärer werdenden neuroendoskopischen Verfahren bei Kindern, haben in den Studien in unterschiedlichen Zentren, die sich mit dem posthämorrhagischen Hydrozephalus beschäftigen, (noch) keine einheitlichen Ergebnisse gezeigt. Hier bleibt abzuwarten, in wie weit sich

neuroendoskopische Verfahren wie die Ventrikelspülungen und die endoskopische Dritt-Ventrikulo-Zisternostomie (ETV) durchsetzen werden (Kulkarni, Sgouros, Leitner, Constantini, & International Infant Hydrocephalus Study, 2018). Wir haben bereits eine retrospektive Analyse unserer Daten hinsichtlich der Überlegenheit der ETV gegenüber der primären VP-Shuntanlage beim Frühgeborenen gestartet. Ergebnissen werden hier in 2020 erwartet.

Es bleibt abzuwarten, in wie weit sich die Kinderchirurgie in die Pränatalmedizin einarbeiten und sich als gleichberechtigte Disziplin neben der Gynäkologie und auch der Neurochirurgie etablieren kann, um dann doch (wieder) fundiert und in der Fläche an der Versorgung der Meningo-Myelozelen beteiligt zu sein. Einige wenige fetal-chirurgisch tätige kinderchirurgische Zentren legen hier aktuell die Basis für eine pränatale Kinder- (und auch) neurochirurgische Chirurgie (Mazzone et al., 2019; Mohrlen et al., 2019) (Heye et al., 2019) (Kahr et al., 2019).

## 3.2 KRANIOSTENOSEN

---

### Skaphozephalus

Die häufigste und gleichzeitig gutartige Form der prämaternen Nahtsynostose stellt der Skaphozephalus dar. Hier war es im Verlauf der Schwangerschaft oder auch kurz nach Geburt zu einem vollständigen oder auch teilweisen Verschluss der Pfeilnaht gekommen. Konsekutiv entwickelt sich ein sogenannter Kahnschädel (Skaphozephalus). Diese Schädeldeformität wird sich im weiteren Verlauf des körperlichen Wachstums nicht verbessern. Sie wirkt stigmatisierend und belastet die Patienten sowie deren Familien. Auch sind akute Hirndruckprobleme mit zum Teil Stauungspapillen und drohendem Visusverlust beschrieben (Florisson et al., 2010; Stavrou et al., 1997). Am Dr. von Hauner'schen Kinderspital wurden traditionell bereits seit Ende der 1980er Jahre Kinder mit skaphozephaler Schädeldeformität mittels osteoklastischer Kraniektomie in unterschiedlicher Ausprägung behandelt.

In der Literatur finden sich bisher keine Arbeiten zu den postoperativen Ergebnissen bei Kindern, die mit der vorgestellten OP-Methode behandelt wurden.

Mit dem Fokus auf dem Langzeitverlauf haben wir unser Behandlungskonzept überprüft.

Die Ergebnisse waren hinsichtlich des postoperativen Ergebnisses und des Langzeitverlaufs durchweg positiv. Die Schädel haben sich ohne weitere modulierende Eingriffe – sei es operativ oder durch eine Helmbehandlung – normal entwickelt, die Schädelform wurde harmonisch und eine Nachoperation aufgrund fehlender Re-Ossifikation musste in keinem Fall durchgeführt werden.

Wir konnten mit dieser Studie im Sinne der Qualitätskontrolle dazu beitragen, die Effektivität dieser Methode zu untermauern. Insbesondere konnten wir erstmalig im Langzeitverlauf zeigen, dass diese Methode bei Kindern, die im Alter von 6 Monaten bis einem Jahr operiert werden, zu normalen kosmetischen Ergebnissen hinsichtlich der Schädelkonfiguration führt (M. Lehner et al., 2020).

Wir konnten einen Beitrag dazu leisten, dass die in den letzten Jahren sehr populär gewordene minimal invasiv assistierte Korrektur der prämaternen Nahtsynostosen nicht alternativlos ist. Möglicherweise ist unsere "offen-chirurgische" Methode der minimal invasiv assistierten Methode sogar überlegen. Insbesondere, da diese nicht von einer postoperativen, modulierenden Helmtherapie abhängig ist. Hier bleibt es abzuwarten, ob derartige Ergebnisse in weiteren Studien erzielt werden können.

Die minimalinvasive, endoskopisch assistierte Korrektur von Nahtsynostosen ist aus unserer Sicht weiterhin nicht unumstritten. Unsere Daten zeigen, dass die dargestellte Methode sicher und hinsichtlich des postoperativen Langzeitergebnisses exzellent ist.

## Komplexe Kraniostenosen

Neben der singulären und eher unkomplizierten Sagittalnaht-Synostose kommt es bei Verschlüssen anderer oder mehrerer Schädelnähte zur Ausbildung komplexer Nahtsynostosen. Insbesondere die frontalen Synostosen bei vorzeitigem Verschluss der *Sutura metopica* oder *coronaria*, wirken sich bis in das obere Mittelgesicht aus. Diese Formen der prämaternen Nahtsynostosen stellen das chirurgische Team vor große Herausforderungen.

Durch Einführung des 3-D-Druckes in die Medizin eröffneten sich für die chirurgische Therapie neue Horizonte (Fisher et al., 2016; Ghizoni et al., 2018; Queiros et al., 2017).

Die Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie war eine der ersten Kliniken am Klinikum der LMU, die sich der 3-D-Drucktechnik in der Patientenversorgung behalf. Ausgedehnte Tumorresektionen und Kieferrekonstruktionen konnten so geplant und durchgeführt werden.

Zusammen mit Prof. Mast aus der MKG-Klinik am KUM konnten wir die bereits etablierte präoperative 3-D-Drucktechnik verfeinern. Nicht zuletzt der Tatsache, dass sich das Chirurgie-Team bereits präoperativ intensiv mit der Situation am Schädel der Patienten auseinandergesetzt hat, wirkte sich diese nachweislich auf das Operationsergebnis aus (Lehner M, 2020).

Im Gegensatz zur minimalinvasiven, endoskopisch unterstützten Suturektomie bei Säuglingen im Alter von 3 Monaten, ist die offene Rekonstruktion des fronto-orbitalen Bandeaus nicht von einer postoperativen Helmbehandlung abhängig.

Wir konnten zeigen, dass sich die OP-Zeit gegenüber des "frei Hand" ausgeführten Advancement signifikant reduzieren ließ. Das kosmetische Ergebnis war objektiv ebenfalls gebessert, insbesondere bei asymmetrischen Formen wie der unilateralen Kranznaht-Synostose zeigte sich die CAD-Planung als sehr positiv. Allerdings bedarf es hier weiterer Analysen, um diesen Effekt quantifizieren zu können.



Neben einem direkten Einfluss auf das Outcome und damit auf die Qualität der Patientenversorgung kommt es durch die CAD-Technik zu weiteren positiv-synergen Effekten.

Durch die Modelle und Rekonstruktionen in dreidimensionaler Form am PC können wir nicht nur die Eltern der betroffenen Kinder über die einzelnen Schritte und das mögliche Ergebnis aufklären. Wir haben hiermit auch gute Möglichkeiten, unseren Medizinstudierenden und jungen Ärzten in Ausbildung die einzelnen operativen Schritte plastisch und dreidimensional zu erklären.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass kinderchirurgische sowie neurochirurgische und Assistenten der Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie die Operationsschritte für das fronto-orbitale Advancement an 3-D-Druck-Modellen nachverfolgen und praktisch durchführen können. Auch in anderen chirurgischen Disziplinen wie z.B. der Unfallchirurgie (z.B. Tibia-Plateau-Frakturen) oder der Orthopädie (Hüftgelenks-Umstellungs-Osteotomien) hat die 3-D-Druck-Technik für die präoperative Planung und Ausbildung bereits Einzug gehalten (Horas et al., 2019).

In Zukunft werden vielleicht auch individuelle, nach den CT-Daten des Patienten gedruckte Implantate zur Verfügung stehen (Dall'Ava et al., 2019).

In Hinblick auf die nachfolgenden Generationen müssen wir uns heute bereits mit Technologien auseinandersetzen, die es ermöglichen, mit einem relativ geringen "case-load" unsere Assistenten als zukünftige Chirurgen-Generation so zu schulen, dass die differenzierten chirurgischen Therapieformen schnell gelernt und am Patienten umgesetzt werden können (Hermsen et al., 2018; Shah, Peterson, Beahm, Camarata, & Chamoun, 2016).

### 3.3 NICHT-SYNOSTOTISCHE SCHÄDELDEFORMITÄTEN

---

Von den in Kapitel 3.2 beschriebenen operativ zu versorgenden Kraniosynostosen sind die einfachen Schädeldach-Verformungen zu unterscheiden und abzugrenzen. Hier sind sämtliche Schädelnähte als offen zu diagnostizieren. Der Schädel entwickelt sich jedoch aufgrund von permanentem Druck auf einer Seite asymmetrisch. Bei diesen Formen liegt kein Missverhältnis zwischen Gehirnwachstum und knöchernem Schädelwachstum vor.

Der sogenannte lagerungsbedingte Plagiozephalus hat seit der Einführung der Empfehlung zur Rückenlagerung der Neugeborenen zu Beginn der 1990er Jahre wesentlich an Bedeutung gewonnen (Hutchison et al., 2004). Etwa 35% der Neugeborenen weisen eine mehr oder weniger ausgeprägte Schädeldeformierung auf (Yang et al., 2019).

Die Unterscheidung zu den kongenitalen Nahtsynostosen gelingt meist sicher und ohne radiologischer Diagnostik, da der lagerungsbedingte Plagiozephalus eine Verschiebung der Kopfform in Form eines Parallelogramms verursacht, während die Koronar- und Lambdanaht-Synostose diese nicht zeigt. Hier kommt es zu einer Deformierung in Rauten-Form.

Es besteht in der Literatur keine Einigkeit hinsichtlich der Behandlungsstrategien beim lagerungsbedingten Plagiozephalus. Es gibt Arbeitsgruppen, die eine frühzeitige – noch weit vor dem sechsten Lebensmonat beginnende – Helmtherapie favorisieren. Andere Experten stellen fest, dass erst mit einem Alter von mehr als 7-9 Monaten behandelt werden muss (Cevik, Isik, & Ozkilig, 2019).

Vor dem Hintergrund eines fehlenden internationalen Konsens war es das Ziel der hier vorgestellten Studie, das Ergebnis bei Patienten mit lagerungsbedingter Plagiozephalie, die mittels Lagerungstherapie und Physiotherapie behandelt wurde, mit Patienten zu vergleichen, die mit einer dynamischen Kopforthese behandelt wurden (Wendling-Keim et al., 2019).

Es sollten in einer prospektiven Studie valide Kriterien für die Indikation einer Helmtherapie definiert werden.

Die Helmtherapie zur Behandlung des lagerungsbedingten Plagiozephalus wurde an der Kinderchirurgischen Klinik am Dr. von Hauner'schen Kinderspital im Jahr 2002 begonnen. Nachfolgend haben wir jährlich etwa 30-35 Patienten mit einem Helm versorgt. Auffallend in diesem Kollektiv über die nächsten 8 Jahre war, dass wir bei einigen Kindern eine sehr gute Re-Modellierung erzielen konnten. Bei anderen Patienten jedoch kam es unter der Helmtherapie zu keiner guten Verbesserung der Plagiozephalie.

Aus dieser Beobachtung heraus entstand die vorgelegte Studie, um unsere Hypothesen für das Vorliegen weiterer Kriterien zur Indikation der Helmtherapie zu beweisen (Wendling-Keim et al., 2019).

Als unabhängigen Parameter fanden wir heraus, dass sich die Schädeldeformität in Abhängigkeit von der Größe der vorderen Fontanelle bessert. Dieser Zusammenhang war unabhängig von der Wachstumsrate des Kopfumfanges.

Wir konnten erstmalig zeigen, dass die Größe der vorderen Fontanelle ein wichtiger Parameter für die Indikation zur Helmtherapie darstellt, da die Schädelasymmetrie mit der Helmbehandlung signifikant stärker abnahm, wenn die vordere Fontanelle bei vergleichbarem Kopfwachstum klein war.

Im Umkehrschluss bedeuten diese Ergebnisse, dass wir bei Kindern, die zum Zeitpunkt der Indikationsstellung für eine Helmtherapie, eine Fontanellen-Fläche von grösser 0.5 x 0.5cm aufweisen, KEINE Helmtherapie indizieren müssen. Bei diesen Kindern kann der natürliche Verlauf abgewartet werden. Unsere Daten zeigen, dass hier der Spontanverlauf dem Verlauf mit Helmtherapie ebenbürtig ist.

Somit konnten wir erstmals zeigen, dass Säuglinge mit einer kleinen vorderen Fontanelle und damit einem nachweislich geringeren Re-Modellierungspotential besonders von der Helmtherapie profitieren. Der Helm kann die Umformung des Kopfes auch dann ermöglichen, wenn die Wachstumsrate des Kopfes gering ist.

Der Gemeinsame Bundesausschluss (GBA) hat bisher sowohl die Diagnose "Lagerungsbedingte Plagiozephalie" als auch dessen Therapie mittels dynamischer Kopf-Orthese nicht anerkannt. Es bleibt abzuwarten, ob sich hier in den nächsten

Jahren eine Zustimmung einstellt, insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass unsere vorgestellten und bewiesenen Hypothesen mittlerweile in einer weiteren Studie aus Korea bestätigt werden konnten (Kim et al., 2019).

### 3.4 NEURO-TRAUMATOLOGIE

---

Die Notfallversorgung von verunfallten Kindern und Jugendlichen stellt einen der Schwerpunkte der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Hauner'schen Kinderspital der LMU dar.

Nicht zuletzt durch den in München in Zusammenarbeit mit der Berufsfeuerwehr der Landeshauptstadt und den vier Münchner Kinderkliniken vorgehaltenen Kindernotarzt-Dienst, sind die Kinderchirurgische Nothilfe und die interdisziplinäre Kinder-Intensivstation regelmäßige Anlaufstellen für verletzte Kinder.

Im Zuge der Zusammenlegung der Kinderchirurgischen Intensivstation (CHIPS) und der Pädiatrischen Intensivstation (PIPS) am Dr. von Hauner'schen Kinderspital im Jahr 2012, hat sich im Vorfeld bereits eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe zur Erarbeitung, Abstimmung und Implementierung eines Schockraum-Konzeptes für den Trauma-Notfall gegründet. Initiiert wurde diese Arbeitsgruppe durch PD Dr. Florian Hoffmann (Kinderintensivstation im Dr. von Hauner'schen Kinderspital), Dr. Matthias Kurz (Kinderanästhesie, KUM), Dr. Birgit Kammer (Kinderradiologie im Dr. von Hauner'schen Kinderspital) und den Habilitanden als Vertreter der Kinderchirurgie. Es war diesem Team gelungen, ein auch mit den Pflegebereichen und administrativen Einrichtungen am Dr. von Hauner'schen Kinderspital konsentiertes Konzept (***ITRAPS***: **Interdisziplinäre Trauma Room Algorithm in Pediatric Surgery) zur Versorgung von schwerverletzten Kindern in den klinischen Alltag zu implementieren (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, & Kurz, 2018).**

Ehe das neue Konzept in den klinischen Alltag eingeführt wurde, konnte der überwiegende Anteil der an der Schockraumversorgung beteiligten Mitarbeiter der Disziplinen Kinderchirurgie, Kinder-Anästhesie, Kinderintensivmedizin, Kinderradiologie sowie die korrespondierenden Pflegebereiche im Rahmen zweier hausinterner Fortbildungsveranstaltungen in Form von Vorträgen geschult werden. Das neue Konzept wurde sämtlichen Mitarbeitern als pdf-Dokument in digitaler Form ausgehändigt.

Darüber hinaus wurde in Analogie zu Keil et al. (S. B. Keil J, Urban B, Kerth J, Nicolai T, Prückner S, Hoffmann F, 2015) und Lehner et al. (M. Lehner et al., 2017) ein Simulations-Training zur Schockraumversorgung durchgeführt. Insbesondere der Tatsache geschuldet, dass wirklich relevante Polytraumen im Kindesalter selten sind, hat das Simulations-Training für die Ausbildung unseres kinderchirurgischen Nachwuchses eine hohe Bedeutung (M. Lehner et al., 2017).

### Effektivität des Schockraum-Konzeptes

Das im Akronym ***ITRAPS*** bezeichnete Konzept soll ein Grundgerüst der Schockraumversorgung im Kindesalter darstellen. Neben der strukturiert ablaufenden Schockraumversorgung sollten die überaus positive Akzeptanz des Algorithmus bei unseren im Schockraum beteiligten Mitarbeitenden andere Kliniken ermutigen, für die jeweils eigene Klinik spezifische Kinderprotokolle zur Schockraumversorgung zu erarbeiten und vorzuhalten.

Nach persönlichen Berichten, die dem Habilitanden auf unterschiedlichen Kongressen und Vortragsveranstaltungen zugetragen wurden, ist dies auch bereits an einigen Kliniken erfolgt. Das publizierte Schockraum-Konzept wurde bereits multipel von der Website des Verlages heruntergeladen.

Ziel unserer Auswertung der Versorgungszeit im Schockraum war es, die Struktur- und Prozess-Qualität bei der Versorgung schwer verletzter Kinder zu analysieren und zu optimieren.

Die Versorgungszeit kann als Surrogat-Parameter einer zeitkritischen Trauma-Versorgung für die Versorgungsqualität im Schockraum für Kinder herangezogen werden.

Wir konnten nachweisen, dass **NACH** Einführung des *iTRAPS*-Konzepts diese hoch signifikant reduziert und mehr als halbiert werden konnte (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, Wendling-Keim, et al., 2018). Über eine interdisziplinär konsentierete Neuorganisation der Patientenversorgung wurde die Patientenversorgung im Schockraum für Kinder erheblich stringenter. Die Verbesserung erfolgte unter anderem auch durch Veränderungen an der Infrastruktur und der Einführung standardisierter Versorgungsabläufe.

Ob sich hierdurch die Mortalität senken und die Morbidität reduzieren lassen, und inwieweit sich das Outcome verbessert, sollte in weiteren, prospektiven Studien analysiert werden.

Das den Ergebnissen zugrunde liegende *iTRAPS* Konzept konnte im Rahmen der Erarbeitung der ersten Sk2-Leitlinie ***Schockraumversorgung Polytrauma Kind*** der AWMF diskutiert und in Auszügen übernommen werden. Federführend bei der Erarbeitung dieser Leitlinie ist die Gesellschaft für Kinderchirurgie, namentlich Prof. Dr. Peter Schmittenebecher. Konsentiert wird diese Leitlinie durch weitere Fachgesellschaften (exemplarisch: Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie). Der Delphi-Prozess ist eingeleitet, die Leitlinie in der zweiten Abstimmungsrunde und es ist geplant, diese in 2020 zu veröffentlichen.

### Das Leichte SHT im Kindesalter

Abschließend konnten wir zu einem der häufigsten notfallmedizinischen Krankheitsbilder einer kinderchirurgischen Klinik einen Beitrag zur Evaluierung der Patientensicherheit und Versorgungs-Qualität der medizinischen Behandlung beitragen.

Eine der Herausforderungen bei der Behandlung von leichtem SHT im Kindesalter ist und bleibt die Entscheidung über die stationäre Aufnahme in das Krankenhaus.

Dem gegenüber steht die Beobachtung zu Hause durch die Eltern sowie die bildgebenden Verfahren.

Da bisher – auch international – kein eindeutiger Konsens darüber getroffen werden konnte, inwieweit der Verletzungsmechanismus bei der Festlegung der Behandlungsmodalitäten berücksichtigt werden sollte (M. K. Lehner, A., Schuster, B. Dietz, HG., Wendling-Keim, D., 2017), konzentrierte sich unsere Studie unter anderem auf diesen Punkt. Es wurden jedoch darüber hinaus folgende Symptome analysiert: Erbrechen, Bewusstseinsstörungen, Schädelfrakturen und fokale neurologische Defizite Anzeichen für eine mögliche intrakranielle Läsion (Kuppermann et al., 2009; Nigrovic et al., 2015; Schnadower et al., 2007; Schutzman et al., 2001).

Sämtliche intrakraniellen Blutungen wurden innerhalb von 24 - 48 h nach dem Trauma klinisch symptomatisch. Somit halten sich auch die (internationalen) Empfehlungen zur Dauer des Krankenhausaufenthaltes an diesen Zeitraum (AAo, 1999) (Schonfeld et al., 2014). Da die Mehrheit der stationär beobachteten Patienten (55.3%) in dieser Studie 48 Stunden lang beobachtet wurde und die Patientenzufriedenheit in der Krankenhausgruppe ebenso gut war wie in der ambulanten Gruppe, kommen wir zu dem Schluss, dass eine Beobachtung für 48 Stunden sowohl für die kleinen Patienten als auch ihre Eltern tolerierbar ist und aus medizinischen Gründen empfohlen werden muss. Diese Ergebnisse unterstreichen die gelebte medizinische Praxis, dass Kinder, die zur SHT-Überwachung aufgenommen wurden, über 48 Stunden klinisch beobachtet werden.

Darüber hinaus konnten wir die Qualität der medizinischen Aufklärung der Eltern durch unsere Assistenzärzte nachweisen. Das Aufklärungsgespräch über mögliche Risiken für zu Hause wurde von den Eltern verstanden. Ebenso konnten wir zeigen, dass die Notwendigkeit der stationären Behandlung durch die Eltern erkannt wurde.

Wir konnten unseren klinikinternen Algorithmus zum Vorgehen bei Kindern mit leichtem SHT evaluieren und kamen zu dem Schluss, dass das beschriebene Vorgehen die Grundlage für eine sichere Entscheidungsfindung hinsichtlich der Weiterbehandlung im ambulanten oder stationären Setting ist. Es konnte kein Patient identifiziert werden, der nach der Entlassung Komplikationen entwickelte und unter der Diagnose klinisch entscheidendes SHT wieder aufgenommen wurde (Wendling-Keim et al., 2017).

## Kraniospinale Kinderchirurgie

Die Kinderchirurgie subsumiert das breiteste Behandlungsspektrum im Vergleich zu allen anderen chirurgischen Fächern.

Die Wurzeln der kinderchirurgischen Therapie unserer kleinen Patienten liegen in der Fehlbildungschirurgie.

Das Teilgebiet der pädiatrischen Neurochirurgie wird aktuell – wie auch das Teilgebiet der Kinderurologie – von mehreren Facharztanerkennungen sowohl klinisch-chirurgisch, als auch in Forschung und Lehre praktiziert.

Wir sollten in Zukunft auf eine professionelle, interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen allen beteiligten Disziplinen achten, die um das Wohl dieser Kinder betraut sind.

In dem aktuellen Lehrbuch „Kinderneurochirurgie“, herausgegeben von Frau PD Heidi Bächli, schreibt Prof. Collmann, ehemaliger Leiter der Kinderneurochirurgie, Universitätsklinikum Würzburg:

*" ... Bis heute zählen die Behandlung des Hydrozephalus, die Therapie von spinalen Fehlbildungen und die der Nahtsynostosen auch zu den Aufgabengebieten der Kinderchirurgie ..."* (Bächli H, 2018).

Prof. Collmann gilt zusammen mit Prof. Sörensen als einer der Pioniere der pädiatrischen Neurochirurgie in Deutschland und hat sich insbesondere für die chirurgische Therapie komplexer Schädelnaht-Synostosen verdient gemacht.

Die Zukunft sollte in einer gemeinsamen Diskussion liegen, bei der es ausschließlich um das Wohl der kranken Kinder geht. Berufspolitische und persönliche Befindlichkeiten sollten vor diesem Hintergrund zurückstehen.

So schließt sich der Kreis, als dass sich bereits der Gründer des Dr. von Hauner'schen Kinderspitals – Professor August Napoleon von Hauner – im Jahre 1850 mit einem aus heutiger Sicht Kinder-neurochirurgisches Thema habilitieren konnte: *"Über Tuberkeln in Hirn und Hirnhäuten bei Kindern"*. (W, 2011)



Mit den hier vorliegenden Arbeiten sollte der Beitrag aus der Kinderchirurgie die Diskussionen auf Augenhöhe mit den Organspezialisten aus der Erwachsenen-Medizin befruchten und interdisziplinär gestalten.

Ich hoffe, mit diesen Arbeiten das Teilgebiet der kraniospinalen Kinderchirurgie gestärkt zu haben und möchte junge Kolleginnen und Kollegen ermutigen, sich auf diesem spannenden Gebiet fortzubilden und ihren Beitrag zu wissenschaftlichem Arbeiten zu leisten.

## 4. Literatur (Zitate der Habilitations-Schrift)

---

- AAo, P. (1999). The management of minor closed head injury in children. Committee on Quality Improvement, American Academy of Pediatrics. Commission on Clinical Policies and Research, American Academy of Family Physicians. *Pediatrics*, 104(6), 1407-1415.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003a). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 3. Prehospital airway management. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S9-11.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 4. Resuscitation of blood pressure and oxygenation and prehospital brain-specific therapies for the severe pediatric traumatic brain injury patient. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S12-18.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003b). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 1: Introduction. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S2-4. doi:10.1097/01.CCM.0000066600.71233.01
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003c). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 2: Trauma systems, pediatric trauma centers, and the neurosurgeon. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S5-8.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003d). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 5. Indications for intracranial pressure monitoring in pediatric patients with severe traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S19-24.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003e). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 6. Threshold for treatment of intracranial hypertension. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S25-27.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003f). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 7. Intracranial pressure monitoring technology. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S28-30.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003g). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 8. Cerebral perfusion pressure. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S31-33.

- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003h). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 10. The role of cerebrospinal fluid drainage in the treatment of severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S38-39.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003i). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 11. Use of hyperosmolar therapy in the management of severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S40-44.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003j). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 12. Use of hyperventilation in the acute management of severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S45-48.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003k). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 13. The use of barbiturates in the control of intracranial hypertension in severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S49-52.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003l). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 14. The role of temperature control following severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S53-55.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003m). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 15. Surgical treatment of pediatric intracranial hypertension. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S56-59.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003n). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 16. The use of corticosteroids in the treatment of severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S60-64.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003o). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 18. Nutritional support. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S68-71.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 9. Use of sedation and neuromuscular blockade in the treatment of severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S34-37.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003p). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 17. Critical

- pathway for the treatment of established intracranial hypertension in pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S65-67.
- Adelson, P. D., Bratton, S. L., Carney, N. A., Chesnut, R. M., du Coudray, H. E., Goldstein, B., . . . Critical Care, S. (2003q). Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 19. The role of anti-seizure prophylaxis following severe pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*, 4(3 Suppl), S72-75.
- Allin, D. M., Czosnyka, Z. H., Czosnyka, M., Richards, H. K., & Pickard, J. D. (2006). In vitro hydrodynamic properties of the Miethke ProGAV hydrocephalus shunt. *Cerebrospinal Fluid Res*, 3, 9. doi:10.1186/1743-8454-3-9
- Appenteng, R., Nelp, T., Abdelgadir, J., Weledji, N., Haglund, M., Smith, E., . . . Staton, C. (2018). A systematic review and quality analysis of pediatric traumatic brain injury clinical practice guidelines. *PLoS ONE*, 13(8), e0201550. doi:10.1371/journal.pone.0201550
- Argenta, L., David, L., & Thompson, J. (2004). Clinical classification of positional plagiocephaly. *J Craniofac Surg*, 15(3), 368-372.
- Aschoff, A., Kremer, P., Benesch, C., Fruh, K., Klank, A., & Kunze, S. (1995). Overdrainage and shunt technology. A critical comparison of programmable, hydrostatic and variable-resistance valves and flow-reducing devices. *Childs Nerv Syst*, 11(4), 193-202.
- Bächli H, L. J., Messing-Jünger M. (2018). Pädiatrische Neurochirurgie. *Springer books*, 1, 3-10.
- Barlow, K. M., Crawford, S., Stevenson, A., Sandhu, S. S., Belanger, F., & Dewey, D. (2010). Epidemiology of postconcussion syndrome in pediatric mild traumatic brain injury. *Pediatrics*, 126(2), e374-381. doi:10.1542/peds.2009-0925
- Ben-Abraham, R., Weinbroum, A. A., Kluger, Y., Stein, M., Barzilay, Z., & Paret, G. (2000). Pediatricians and the Advanced Trauma Life Support (ATLS): time for reconsideration? *Isr Med Assoc J*, 2(7), 513-516.
- Bennett, K. G., Liang, F., Ranganathan, K., Muraszko, K. M., Vercler, C. J., & Buchman, S. R. (2018). Surgical Hypercorrection of Trigenocephaly: Evaluation of Surgical Outcomes. *J Craniofac Surg*, 29(1), 56-61. doi:10.1097/SCS.0000000000004044
- Bernhard, M., Becker, T. K., Nowe, T., Mohorovicic, M., Sikinger, M., Brenner, T., . . . Gries, A. (2007). Introduction of a treatment algorithm can improve the early management of emergency patients in the resuscitation room. *Resuscitation*, 73(3), 362-373. doi:10.1016/j.resuscitation.2006.09.014
- Bertelsen, T. I. (1958). The premature synostosis of the cranial sutures. *Acta Ophthalmol Suppl*, 36(Suppl 51), 1-176.
- Binkiewicz-Glinska, A., Mianowska, A., Sokolow, M., Renska, A., Ruckeman-Dziurdzinska, K., Bakula, S., & Kozłowska, E. (2016). Early diagnosis and treatment of children with skull deformations. The challenge of modern medicine. *Dev Period Med*, 20(4), 289-295.
- Boran, B. O., Boran, P., Barut, N., Akgun, C., Celikoglu, E., & Bozbuga, M. (2006). Evaluation of mild head injury in a pediatric population. *Pediatr Neurosurg*, 42(4), 203-207. doi:10.1159/000092355
- Bouillon, B., Probst, C., Maegele, M., Wafaisade, A., Helm, P., Mutschler, M., . . . Paffrath, T. (2013). [Emergency room management of multiple trauma : ATLS(R) and S3 guidelines]. *Chirurg*, 84(9), 745-752. doi:10.1007/s00104-013-2476-1

- Branch, L. G., Kesty, K., Krebs, E., Wright, L., Leger, S., & David, L. R. (2015). Argenta clinical classification of deformational plagiocephaly. *J Craniofac Surg*, *26*(3), 606-610. doi:10.1097/SCS.0000000000001511
- Braun, T. L., & Hollier, L. H., Jr. (2017). Discussion: Head Orthosis Therapy in Positional Plagiocephaly: Influence of Age and Severity of Asymmetry on Effect and Duration of Therapy. *Plast Reconstr Surg*, *140*(2), 359-360. doi:10.1097/PRS.0000000000003518
- Brown, J. B., Gestring, M. L., Leeper, C. M., Sperry, J. L., Peitzman, A. B., Billiar, T. R., & Gaines, B. A. (2017). The value of the injury severity score in pediatric trauma: Time for a new definition of severe injury? *J Trauma Acute Care Surg*, *82*(6), 995-1001. doi:10.1097/TA.0000000000001440
- Carter, E. A., Waterhouse, L. J., Kovler, M. L., Fritzeen, J., & Burd, R. S. (2013). Adherence to ATLS primary and secondary surveys during pediatric trauma resuscitation. *Resuscitation*, *84*(1), 66-71. doi:10.1016/j.resuscitation.2011.10.032
- Casey, R., Ludwig, S., & McCormick, M. C. (1986). Morbidity following minor head trauma in children. *Pediatrics*, *78*(3), 497-502.
- Cedzich, C., & Wiessner, A. (2003). [The treatment of hydrocephalus in infants and children using hydrostatic valves]. *Zentralbl Neurochir*, *64*(2), 51-57. doi:10.1055/s-2003-40372
- Cevik, S., Isik, S., & Ozkiloglu, A. (2019). The role of age on helmet therapy in deformational plagiocephaly and asymmetric brachycephaly. *Childs Nerv Syst*. doi:10.1007/s00381-019-04354-2
- Chan, J. W., Stewart, C. L., Stalder, M. W., St Hilaire, H., McBride, L., & Moses, M. H. (2013). Endoscope-assisted versus open repair of craniosynostosis: a comparison of perioperative cost and risk. *J Craniofac Surg*, *24*(1), 170-174. doi:10.1097/SCS.0b013e3182646ab8
- Cheng, T. A., Bell, J. M., Haileyesus, T., Gilchrist, J., Sugerman, D. E., & Coronado, V. G. (2016). Nonfatal Playground-Related Traumatic Brain Injuries Among Children, 2001-2013. *Pediatrics*, *137*(6). doi:10.1542/peds.2015-2721
- Chidambaram, S., Goh, E. L., & Khan, M. A. (2017). A meta-analysis of the efficacy of whole-body computed tomography imaging in the management of trauma and injury. *Injury*, *48*(8), 1784-1793. doi:10.1016/j.injury.2017.06.003
- Chim, H., Wetjen, N., & Mardini, S. (2014). Virtual surgical planning in craniofacial surgery. *Semin Plast Surg*, *28*(3), 150-158. doi:10.1055/s-0034-1384811
- Chin, K., Abzug, J. M., Bae, D. S., Horn, B. D., Herman, M., & Ebersson, C. P. (2016). Avoiding Errors in the Management of Pediatric Polytrauma Patients. *Instr Course Lect*, *65*, 345-352.
- Choksey, M. S., & Malik, I. A. (2004). Zero tolerance to shunt infections: can it be achieved? *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, *75*(1), 87-91.
- Choux, M., Genitori, L., Lang, D., & Lena, G. (1992). Shunt implantation: reducing the incidence of shunt infection. *J Neurosurg*, *77*(6), 875-880. doi:10.3171/jns.1992.77.6.0875
- Cohen, M. (1986). Craniosynostosis. 1-20.
- Cohen MM, M. A. (2000). Craniosynostosis. *Oxford University Press*, 2.
- Collmann, H. (1988). Diagnostik der Kraniostenose. *Habilitationschrift*.
- Coulter, I. C., & Forsyth, R. J. (2019). Paediatric traumatic brain injury. *Curr Opin Pediatr*, *31*(6), 769-774. doi:10.1097/MOP.0000000000000820

- Cronlein, M., Holzapfel, K., Beirer, M., Postl, L., Kanz, K. G., Pforringer, D., . . . Kirchhoff, C. (2016). Evaluation of a new imaging tool for use with major trauma cases in the emergency department. *BMC Musculoskelet Disord*, *17*(1), 482. doi:10.1186/s12891-016-1337-8
- Czosnyka, Z., Czosnyka, M., Richards, H. K., & Pickard, J. D. (1998). Posture-related overdrainage: comparison of the performance of 10 hydrocephalus shunts in vitro. *Neurosurgery*, *42*(2), 327-333; discussion 333-324. doi:10.1097/00006123-199802000-00069
- D'Antoni, A. V., Donaldson, O. I., Schmidt, C., Macchi, V., De Caro, R., Oskouian, R. J., . . . Shane Tubbs, R. (2017). A comprehensive review of the anterior fontanelle: embryology, anatomy, and clinical considerations. *Childs Nerv Syst*, *33*(6), 909-914. doi:10.1007/s00381-017-3406-1
- d'Arcangues, C., Schulz, M., Buhner, C., Thome, U., Krause, M., & Thomale, U. W. (2018). Extended Experience with Neuroendoscopic Lavage for Posthemorrhagic Hydrocephalus in Neonates. *World Neurosurg*, *116*, e217-e224. doi:10.1016/j.wneu.2018.04.169
- Dall'Ava, L., Hothi, H., Henckel, J., Di Laura, A., Shearing, P., & Hart, A. (2019). Comparative analysis of current 3D printed acetabular titanium implants. *3D Print Med*, *5*(1), 15. doi:10.1186/s41205-019-0052-0
- Danelson, K. A., Gordon, E. S., David, L. R., & Stitzel, J. D. (2009). Using a three dimensional model of the pediatric skull for pre-operative planning in the treatment of craniosynostosis - biomed 2009. *Biomed Sci Instrum*, *45*, 358-363.
- De Bock, F., Braun, V., & Renz-Polster, H. (2017). Deformational plagiocephaly in normal infants: a systematic review of causes and hypotheses. *Arch Dis Child*, *102*(6), 535-542. doi:10.1136/archdischild-2016-312018
- Dempsey, R. F., Monson, L. A., Maricevich, R. S., Truong, T. A., Olarunnipa, S., Lam, S. K., . . . Buchanan, E. P. (2019). Nonsyndromic Craniosynostosis. *Clin Plast Surg*, *46*(2), 123-139. doi:10.1016/j.cps.2018.11.001
- Di Rocco, C. (1994). Is the slit ventricle syndrome always a slit ventricle syndrome? *Childs Nerv Syst*, *10*(1), 49-58.
- Dietrich, A. M., Bowman, M. J., Ginn-Pease, M. E., Kosnik, E., & King, D. R. (1993). Pediatric head injuries: can clinical factors reliably predict an abnormality on computed tomography? *Ann Emerg Med*, *22*(10), 1535-1540. doi:10.1016/s0196-0644(05)81254-5
- Dixon, M., Kancherla, V., Magana, T., Mulugeta, A., & Oakley, G. P., Jr. (2019). High potential for reducing folic acid-preventable spina bifida and anencephaly, and related stillbirth and child mortality, in Ethiopia. *Birth Defects Res*, *111*(19), 1513-1519. doi:10.1002/bdr2.1584
- Dorhage, K. W., Beck-Broichsitter, B. E., von Grabe, V., Sonntag, A., Becker, S. T., & Wiltfang, J. (2016). Therapy effects of head orthoses in positional plagiocephaly. *J Craniomaxillofac Surg*, *44*(10), 1508-1514. doi:10.1016/j.jcms.2016.06.035
- Drake, J. M., Kestle, J. R., Milner, R., Cinalli, G., Boop, F., Piatt, J., Jr., . . . MacNeil, N. (1998). Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. *Neurosurgery*, *43*(2), 294-303; discussion 303-295. doi:10.1097/00006123-199808000-00068
- Duc, G., & Largo, R. H. (1986). Anterior fontanel: size and closure in term and preterm infants. *Pediatrics*, *78*(5), 904-908.

- Dunning, J., Batchelor, J., Stratford-Smith, P., Teece, S., Browne, J., Sharpin, C., & Mackway-Jones, K. (2004). A meta-analysis of variables that predict significant intracranial injury in minor head trauma. *Arch Dis Child*, *89*(7), 653-659. doi:10.1136/adc.2003.027722
- Eley, K. A., Watt-Smith, S. R., & Golding, S. J. (2017a). "Black Bone" MRI: a novel imaging technique for 3D printing. *Dentomaxillofac Radiol*, *46*(3), 20160407. doi:10.1259/dmfr.20160407
- Eley, K. A., Watt-Smith, S. R., & Golding, S. J. (2017b). Three-Dimensional Reconstruction of the Craniofacial Skeleton With Gradient Echo Magnetic Resonance Imaging ("Black Bone"): What Is Currently Possible? *J Craniofac Surg*, *28*(2), 463-467. doi:10.1097/SCS.0000000000003219
- Ellsasser, G., Trost-Brinkhues, G., & Albrecht, M. (2014). [Injury prevention in young children]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, *57*(6), 681-686. doi:10.1007/s00103-014-1971-y
- Eymann, R., Steudel, W. I., & Kiefer, M. (2007). Pediatric gravitational shunts: initial results from a prospective study. *J Neurosurg*, *106*(3 Suppl), 179-184. doi:10.3171/ped.2007.106.3.179
- Eyres, S., Carey, A., Gilworth, G., Neumann, V., & Tennant, A. (2005). Construct validity and reliability of the Rivermead Post-Concussion Symptoms Questionnaire. *Clin Rehabil*, *19*(8), 878-887. doi:10.1191/0269215505cr905oa
- Farkas, L. G., Katic, M. J., Forrest, C. R., Alt, K. W., Bagic, I., Baltadjiev, G., . . . Yahia, E. (2005). International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J Craniofac Surg*, *16*(4), 615-646. doi:10.1097/01.scs.0000171847.58031.9e
- Fisher, M., Medina, M., 3rd, Bojovic, B., Ahn, E., & Dorafshar, A. H. (2016). Indications for Computer-Aided Design and Manufacturing in Congenital Craniofacial Reconstruction. *Craniofac Trauma Reconstr*, *9*(3), 235-241. doi:10.1055/s-0036-1584391
- Flaherty, K., Singh, N., & Richtsmeier, J. T. (2016). Understanding craniosynostosis as a growth disorder. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol*, *5*(4), 429-459. doi:10.1002/wdev.227
- Flannery, A. M., Tamber, M. S., Mazzola, C., Klimo, P., Jr., Baird, L. C., Tyagi, R., . . . Nikas, D. (2016). Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines for the Management of Patients With Positional Plagiocephaly: Executive Summary. *Neurosurgery*, *79*(5), 623-624. doi:10.1227/NEU.0000000000001426
- Florisson, J. M., van Veelen, M. L., Bannink, N., van Adrichem, L. N., van der Meulen, J. J., Bartels, M. C., & Mathijssen, I. M. (2010). Papilledema in isolated single-suture craniosynostosis: prevalence and predictive factors. *J Craniofac Surg*, *21*(1), 20-24. doi:10.1097/SCS.0b013e3181c3465e
- Foundation, B. T. (2007). Guidelines for the Management of severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma*, *24*, S1-S106.
- Franzen, L., Ortenwall, P., & Backteman, T. (2003). Major trauma with multiple injuries in Swedish children. *Eur J Surg Suppl*(588), 3-7.
- Freudlsperger, C., Hoffmann, J., Engel, M. (2015). Diagnostik und Therapie isolierter Kraniosynostosen. *Kinder- und Jugendmedizin*, *15*(02). doi:10.1055/s-008-37948

- Fritzsche, K., Jantzen, T., Russeler, M., & Muller, M. P. (2013). [Training concepts for in-hospital emergencies]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 48(6), 406-412; quiz 413. doi:10.1055/s-0033-1349006
- Furugori, S., Kato, M., Abe, T., Iwashita, M., & Morimura, N. (2018). Treating patients in a trauma room equipped with computed tomography and patients' mortality: a non-controlled comparison study. *World J Emerg Surg*, 13, 16. doi:10.1186/s13017-018-0176-3
- Gaderer, C., Schaumann, A., Schulz, M., & Thomale, U. W. (2018). Neuroendoscopic lavage for the treatment of CSF infection with hydrocephalus in children. *Childs Nerv Syst*, 34(10), 1893-1903. doi:10.1007/s00381-018-3894-7
- Ghaffar, A., Hussain, Z., Qasmi, S. A., & Chaudhry, S. H. (2016). Calvarial remodelling surgery: Neurosurgical experience of multidisciplinary craniofacial reconstruction. *J Pak Med Assoc*, 66(12), 1611-1615.
- Ghizoni, E., de Souza, J., Raposo-Amaral, C. E., Denadai, R., de Aquino, H. B., Raposo-Amaral, C. A., . . . Jardini, A. L. (2018). 3D-Printed Craniosynostosis Model: New Simulation Surgical Tool. *World Neurosurg*, 109, 356-361. doi:10.1016/j.wneu.2017.10.025
- Graham, J. M., Jr., Gomez, M., Halberg, A., Earl, D. L., Kreutzman, J. T., Cui, J., & Guo, X. (2005). Management of deformational plagiocephaly: repositioning versus orthotic therapy. *J Pediatr*, 146(2), 258-262. doi:10.1016/j.jpeds.2004.10.016
- Gruskin, K. D., & Schutzman, S. A. (1999). Head trauma in children younger than 2 years: are there predictors for complications? *Arch Pediatr Adolesc Med*, 153(1), 15-20. doi:10.1001/archpedi.153.1.15
- Haberl, E. J., Messing-Juenger, M., Schuhmann, M., Eymann, R., Cedzich, C., Fritsch, M. J., . . . von Berenberg, P. (2009). Experiences with a gravity-assisted valve in hydrocephalic children. Clinical article. *J Neurosurg Pediatr*, 4(3), 289-294. doi:10.3171/2009.4.PEDS08204
- Hankinson, T. C., Fontana, E. J., Anderson, R. C., & Feldstein, N. A. (2010). Surgical treatment of single-suture craniosynostosis: an argument for quantitative methods to evaluate cosmetic outcomes. *J Neurosurg Pediatr*, 6(2), 193-197. doi:10.3171/2010.5.PEDS09313
- Hanlo, P. W., Cinalli, G., Vandertop, W. P., Faber, J. A., Bogeskov, L., Borgesen, S. E., . . . Vitzthum, E. (2003). Treatment of hydrocephalus determined by the European Orbis Sigma Valve II survey: a multicenter prospective 5-year shunt survival study in children and adults in whom a flow-regulating shunt was used. *J Neurosurg*, 99(1), 52-57. doi:10.3171/jns.2003.99.1.0052
- Hassler, W., & Zentner, J. (1990). Radical osteoclastic craniectomy in sagittal synostosis. *Neurosurgery*, 27(4), 539-543. doi:10.1097/00006123-199010000-00006
- Hermsen, J. L., Yang, R., Burke, T. M., Dardas, T., Jacobs, L. M., Verrier, E. D., & Mokadam, N. A. (2018). Development of a 3-D printing-based cardiac surgical simulation curriculum to teach septal myectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 156(3), 1139-1148 e1133. doi:10.1016/j.jtcvs.2017.09.136
- Heye, P., Moehrlen, U., Mazzone, L., Weil, R., Altermatt, S., Wille, D. A., . . . Horst, M. (2019). Inclusion Cysts after Fetal Spina Bifida Repair: A Third Hit? *Fetal Diagn Ther*, 46(1), 38-44. doi:10.1159/000491877
- Hochfeld, M., Lamecker, H., Thomale, U. W., Schulz, M., Zachow, S., & Haberl, H. (2014). Frame-based cranial reconstruction. *J Neurosurg Pediatr*, 13(3), 319-323. doi:10.3171/2013.11.PEDS1369



- Horas, K., Hoffmann, R., Faulenbach, M., Heinz, S. M., Langheinrich, A., & Schweigkofler, U. (2019). Advances in the pre-operative planning of revision trauma surgery using 3D printing technology. *J Orthop Trauma*. doi:10.1097/BOT.0000000000001708
- Hormozi, A. K., Shahverdiani, R., Mohammadi, H. R., Zali, A., & Mofrad, H. R. (2011). Surgical treatment of metopic synostosis. *J Craniofac Surg*, 22(1), 261-265. doi:10.1097/SCS.0b013e3181f7b80c
- Huang, J., Meng, J., Choonara, I., Xiong, T., Wang, Y., Wang, H., . . . Mu, D. (2019). Antenatal infection and intraventricular hemorrhage in preterm infants: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 98(31), e16665. doi:10.1097/MD.00000000000016665
- Huber-Wagner, S., Kanz, K. G., Hanschen, M., van Griensven, M., Biberthaler, P., & Lefering, R. (2018). Whole-body computed tomography in severely injured patients. *Curr Opin Crit Care*, 24(1), 55-61. doi:10.1097/MCC.0000000000000474
- Huber-Wagner, S., Lefering, R., Qvick, L. M., Korner, M., Kay, M. V., Pfeifer, K. J., . . . Working Group on Polytrauma of the German Trauma, S. (2009). Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*, 373(9673), 1455-1461. doi:10.1016/S0140-6736(09)60232-4
- Hubli, E. H. (2014). A functional aesthetic approach to correcting the sequelae of sagittal synostosis. *Semin Plast Surg*, 28(3), 130-137. doi:10.1055/s-0034-1384808
- Hutchison, B. L., Hutchison, L. A., Thompson, J. M., & Mitchell, E. A. (2004). Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life: a prospective cohort study. *Pediatrics*, 114(4), 970-980. doi:10.1542/peds.2003-0668-F
- Hutchison, B. L., Stewart, A. W., & Mitchell, E. A. (2011). Deformational plagiocephaly: a follow-up of head shape, parental concern and neurodevelopment at ages 3 and 4 years. *Arch Dis Child*, 96(1), 85-90. doi:10.1136/adc.2010.190934
- Iyer, R. R., Wu, A., Macmillan, A., Musavi, L., Cho, R., Lopez, J., . . . Ahn, E. S. (2018). Use of computer-assisted design and manufacturing to localize dural venous sinuses during reconstructive surgery for craniosynostosis. *Childs Nerv Syst*, 34(1), 137-142. doi:10.1007/s00381-017-3601-0
- Jain, H., Sgouros, S., Walsh, A. R., & Hockley, A. D. (2000). The treatment of infantile hydrocephalus: "differential-pressure" or "flow-control" valves. A pilot study. *Childs Nerv Syst*, 16(4), 242-246. doi:10.1007/s003810050505
- Jimenez, D. F., & Barone, C. M. (1998). Endoscopic craniectomy for early surgical correction of sagittal craniosynostosis. *J Neurosurg*, 88(1), 77-81. doi:10.3171/jns.1998.88.1.0077
- Jimenez, D. F., & Barone, C. M. (2000). Endoscopy-assisted wide-vertex craniectomy, "barrel-stave" osteotomies, and postoperative helmet molding therapy in the early management of sagittal suture craniosynostosis. *Neurosurg Focus*, 9(3), e2.
- Johansson, J., Blomberg, H., Svennblad, B., Wernroth, L., Melhus, H., Byberg, L., . . . Gedeberg, R. (2012). Prehospital Trauma Life Support (PHTLS) training of ambulance caregivers and impact on survival of trauma victims. *Resuscitation*, 83(10), 1259-1264. doi:10.1016/j.resuscitation.2012.02.018
- Joppich, I. (2002). AWMF Leitlinie Kraniosynostose.
- Kahr, M. K., Winder, F. M., Vonzun, L., Mazzone, L., Moehrlen, U., Meuli, M., . . . Ochsenbein-Kolble, N. (2019). Open Intrauterine Fetal Myelomeningocele Repair: Changes in the Surgical Procedure and Perinatal Complications during the First 8 Years of Experience at a Single Center. *Fetal Diagn Ther*, 1-6. doi:10.1159/000503388

- Kancherla, V., Redpath, B., & Oakley, G. P., Jr. (2019). Reductions in child mortality by preventing spina bifida and anencephaly: Implications in achieving Target 3.2 of the Sustainable Development Goals in developing countries. *Birth Defects Res*, *111*(14), 958-966. doi:10.1002/bdr2.1362
- Kanz, K. G., Paul, A. O., Lefering, R., Kay, M. V., Kreimeier, U., Linsenmaier, U., . . . Trauma Registry of the German Trauma, S. (2010). Trauma management incorporating focused assessment with computed tomography in trauma (FACTT) - potential effect on survival. *J Trauma Manag Outcomes*, *4*, 4. doi:10.1186/1752-2897-4-4
- Keenan, H. T., & Bratton, S. L. (2006). Epidemiology and outcomes of pediatric traumatic brain injury. *Dev Neurosci*, *28*(4-5), 256-263. doi:10.1159/000094152
- Keil J, H. F. (2015). Testlauf nach Umbau einer Kinderintensivstation. *Monatsschrift Kinderheilkunde*. doi:10.1007/s00112-015-3334-7
- Keil J, S. B., Urban B, Kerth J, Nicolai T, Prückner S, Hoffmann F. (2015). Testlauf nach Umbau der Kinderintensivstation. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, *163*(5), 575-582.
- Kelly, K. M., Littlefield, T. R., Pomatto, J. K., Manwaring, K. H., & Beals, S. P. (1999). Cranial growth unrestricted during treatment of deformational plagiocephaly. *Pediatr Neurosurg*, *30*(4), 193-199. doi:10.1159/000028794
- Kiefer, M., Meier, U., & Eymann, R. (2006). Gravitational valves: relevant differences with different technical solutions to counteract hydrostatic pressure. *Acta Neurochir Suppl*, *96*, 343-347. doi:10.1007/3-211-30714-1\_71
- Kim, D. G., Lee, J. S., Lee, J. W., Yang, J. D., Chung, H. Y., Cho, B. C., & Choi, K. Y. (2019). The Effects of Helmet Therapy Relative to the Size of the Anterior Fontanelle in Nonsynostotic Plagiocephaly: A Retrospective Study. *J Clin Med*, *8*(11). doi:10.3390/jcm8111977
- King, N. S., Crawford, S., Wenden, F. J., Moss, N. E., & Wade, D. T. (1995). The Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire: a measure of symptoms commonly experienced after head injury and its reliability. *J Neurol*, *242*(9), 587-592. doi:10.1007/bf00868811
- Kinoshita, T., Hayashi, M., Yamakawa, K., Watanabe, A., Yoshimura, J., Hamasaki, T., & Fujimi, S. (2018). Effect of the Hybrid Emergency Room System on Functional Outcome in Patients with Severe Traumatic Brain Injury. *World Neurosurg*, *118*, e792-e799. doi:10.1016/j.wneu.2018.07.053
- Kluba, S., Kraut, W., Calgeer, B., Reinert, S., & Krimmel, M. (2014). Treatment of positional plagiocephaly--helmet or no helmet? *J Craniomaxillofac Surg*, *42*(5), 683-688. doi:10.1016/j.jcms.2013.09.015
- Kluba, S., Kraut, W., Reinert, S., & Krimmel, M. (2011). What is the optimal time to start helmet therapy in positional plagiocephaly? *Plast Reconstr Surg*, *128*(2), 492-498. doi:10.1097/PRS.0b013e31821b62d6
- Koller, M., Ernstberger, A., Zeman, F., Loss, J., Nerlich, M., & Trauma Network Eastern, B. (2016). Outcome after polytrauma in a certified trauma network: comparing standard vs. maximum care facilities concept of the study and study protocol (POLYQUALY). *BMC Health Serv Res*, *16*, 242. doi:10.1186/s12913-016-1468-5
- Kulkarni, A. V., Rabin, D., & Drake, J. M. (2004). An instrument to measure the health status in children with hydrocephalus: the Hydrocephalus Outcome Questionnaire. *J Neurosurg*, *101*(2 Suppl), 134-140. doi:10.3171/ped.2004.101.2.0134
- Kulkarni, A. V., Sgouros, S., Leitner, Y., Constantini, S., & International Infant Hydrocephalus Study, I. (2018). International Infant Hydrocephalus Study (IIHS): 5-year health

- outcome results of a prospective, multicenter comparison of endoscopic third ventriculostomy (ETV) and shunt for infant hydrocephalus. *Childs Nerv Syst*, 34(12), 2391-2397. doi:10.1007/s00381-018-3896-5
- Kunz, M., Lehner, M., Heger, A., Armbruster, L., Weigand, H., Mast, G., & Peraud, A. (2014). Neurodevelopmental and esthetic results in children after surgical correction of metopic suture synostosis: a single institutional experience. *Childs Nerv Syst*, 30(6), 1075-1082. doi:10.1007/s00381-013-2340-0
- Kuppermann, N., Holmes, J. F., Dayan, P. S., Hoyle, J. D., Jr., Atabaki, S. M., Holubkov, R., . . . Pediatric Emergency Care Applied Research, N. (2009). Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma: a prospective cohort study. *Lancet*, 374(9696), 1160-1170. doi:10.1016/S0140-6736(09)61558-0
- Lee, R. P., Teichgraber, J. F., Baumgartner, J. E., Waller, A. L., English, J. D., Lasky, R. E., . . . Xia, J. J. (2008). Long-term treatment effectiveness of molding helmet therapy in the correction of posterior deformational plagiocephaly: a five-year follow-up. *Cleft Palate Craniofac J*, 45(3), 240-245. doi:10.1597/06-210.1
- Lehner, M., Deininger, S., Wendling-Keim, D. (2019). Management of traumatic brain injury in childhood. *Monatsschrift Kinderheilkunde*. doi:<https://doi.org/10.1007/s00112-019-00770-5>
- Lehner, M., Ferrari-von Klot, F., Zundel, S., & Wendling-Keim, D. (2019). Osteoclastic craniectomy for scaphocephaly in infants results in physiological head shapes. *J Craniomaxillofac Surg*, 47(12), 1891-1897. doi:10.1016/j.jcms.2019.10.006
- Lehner, M., Heimberg, E., Hoffmann, F., Heinzl, O., Kirschner, H. J., & Heinrich, M. (2017). Evaluation of a Pilot Project to Introduce Simulation-Based Team Training to Pediatric Surgery Trauma Room Care. *Int J Pediatr*, 2017, 9732316. doi:10.1155/2017/9732316
- Lehner, M., Hoffmann, F., Kammer, B., Heinrich, M., Falkenthal, L., & Kurz, M. (2018). iTRAPS - Interdisziplinäre Trauma Rooma Algorithm in Pediatric Surgery. *Notfall- & Rettungsmedizin*, 21(2), 90-99.
- Lehner, M., Hoffmann, F., Kammer, B., Heinrich, M., Falkenthal, L., Wendling-Keim, D., & Kurz, M. (2018). [Reduction of treatment time for children in the trauma room care : Impact of implementation of an interdisciplinary trauma room concept (iTRAP(S))]. *Anaesthesist*, 67(12), 914-921. doi:10.1007/s00101-018-0500-z
- Lehner M, Wendling-Keim. D., Kunz M, Deininger S, Zundel S, Peraud A, Mast G. (2020). ON-SITE CAD TEMPLATES REDUCE SURGERY TIME FOR COMPLEX CRANIOSTENOSIS REPAIR IN INFANTS: A NEW METHOD. *J Craniofac Surg*. doi:10.1007/s00381-019-04474-9
- Lehner, M. K., A., Schuster, B. Dietz, HG., Wendling-Keim, D. (2017). Mild Traumatic Brain Injury in Children: Strategies to Reduce the in Hospital Observation Period. *Open Access Journal of Surgery*. doi:10.19080/OAJS.2017.04.555635
- Likus, W., Bajor, G., Gruszczynska, K., Baron, J., Markowski, J., Machnikowska-Sokolowska, M., . . . Lepich, T. (2014). Cephalic index in the first three years of life: study of children with normal brain development based on computed tomography. *ScientificWorldJournal*, 2014, 502836. doi:10.1155/2014/502836
- Linz, C., Schweitzer, T., Brenner, L. C., Kunz, F., Meyer-Marcotty, P., & Wermke, K. (2018). Does shape affect function? Articulatory skills in babbling of infants with deformational plagiocephaly. *Childs Nerv Syst*, 34(3), 503-510. doi:10.1007/s00381-017-3576-x

- Lipira, A. B., Gordon, S., Darvann, T. A., Hermann, N. V., Van Pelt, A. E., Naidoo, S. D., . . . Kane, A. A. (2010). Helmet versus active repositioning for plagiocephaly: a three-dimensional analysis. *Pediatrics*, *126*(4), e936-945. doi:10.1542/peds.2009-1249
- Locher, W. (1996). 150 Jahre Dr. von Haunersches Kinderspital 1846-1996.
- Loveday, B. P., & de Chalain, T. B. (2001). Active counterpositioning or orthotic device to treat positional plagiocephaly? *J Craniofac Surg*, *12*(4), 308-313.
- Mardini, S., Alsubaie, S., Cayci, C., Chim, H., & Wetjen, N. (2014). Three-dimensional preoperative virtual planning and template use for surgical correction of craniosynostosis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, *67*(3), 336-343. doi:10.1016/j.bjps.2013.11.004
- Martin, J. P., Wang, J. S., Hanna, K. R., Stovall, M. M., & Lin, K. Y. (2015). Use of tranexamic acid in craniosynostosis surgery. *Plast Surg (Oakv)*, *23*(4), 247-251.
- Mathijssen, I. M. (2015). Guideline for Care of Patients With the Diagnoses of Craniosynostosis: Working Group on Craniosynostosis. *J Craniofac Surg*, *26*(6), 1735-1807. doi:10.1097/SCS.0000000000002016
- Mazzone, L., Moehrlen, U., Casanova, B., Ryf, S., Ochsenbein-Kolble, N., Zimmermann, R., . . . Meuli, M. (2019). Open Spina Bifida: Why Not Fetal Surgery? *Fetal Diagn Ther*, *45*(6), 430-434. doi:10.1159/000491751
- McCarthy, J. G., Glasberg, S. B., Cutting, C. B., Epstein, F. J., Grayson, B. H., Ruff, G., . . . Zide, B. M. (1995). Twenty-year experience with early surgery for craniosynostosis: I. Isolated craniofacial synostosis--results and unsolved problems. *Plast Reconstr Surg*, *96*(2), 272-283.
- Meling, T. R., Egge, A., & Due-Tonnessen, B. (2005). The gravity-assisted Paedi-Gav valve in the treatment of pediatric hydrocephalus. *Pediatr Neurosurg*, *41*(1), 8-14. doi:10.1159/000084859
- Melissa LoPresti, B. D., Edward P. Buchanan, Laura Monson, Sandi Lam,. (2017). Virtual surgical planning and 3D printing in repeat calvarial vault reconstruction for craniosynostosis: technical note. *J Neurosurg Pediatr*, *19*(4), 490-494. doi:10.3171/2016.10.PEDS16301
- Mertens, C., Wessel, E., Berger, M., Ristow, O., Hoffmann, J., Kansy, K., . . . Engel, M. (2017). The value of three-dimensional photogrammetry in isolated sagittal synostosis: Impact of age and surgical technique on intracranial volume and cephalic index horizontal line a retrospective cohort study. *J Craniomaxillofac Surg*, *45*(12), 2010-2016. doi:10.1016/j.jcms.2017.09.019
- Mohrlen, U., Ochsenbein-Kolble, N., Mazzone, L., Kraehenmann, F., Husler, M., Casanova, B., . . . Meuli, M. (2019). Benchmarking against the MOMS Trial: Zurich Results of Open Fetal Surgery for Spina Bifida. *Fetal Diagn Ther*, 1-7. doi:10.1159/000500049
- Mommaerts, M. Y., Jans, G., Vander Sloten, J., Staels, P. F., Van der Perre, G., & Gobin, R. (2001). On the assets of CAD planning for craniosynostosis surgery. *J Craniofac Surg*, *12*(6), 547-554.
- Naidoo, S. D., Skolnick, G. B., Patel, K. B., Woo, A. S., & Cheng, A. L. (2015). Long-term outcomes in treatment of deformational plagiocephaly and brachycephaly using helmet therapy and repositioning: a longitudinal cohort study. *Childs Nerv Syst*, *31*(9), 1547-1552. doi:10.1007/s00381-015-2769-4
- Nguyen, D. C., Farber, S. J., Skolnick, G. B., Naidoo, S. D., Smyth, M. D., Kane, A. A., . . . Woo, A. S. (2017). One hundred consecutive endoscopic repairs of sagittal

- craniosynostosis: an evolution in care. *J Neurosurg Pediatr*, 20(5), 410-418. doi:10.3171/2017.5.PEDS16674
- Nigrovic, L. E., Schunk, J. E., Foerster, A., Cooper, A., Miskin, M., Atabaki, S. M., . . . Traumatic Brain Injury Group for the Pediatric Emergency Care Applied Research, N. (2011). The effect of observation on cranial computed tomography utilization for children after blunt head trauma. *Pediatrics*, 127(6), 1067-1073. doi:10.1542/peds.2010-3373
- Nigrovic, L. E., Stack, A. M., Mannix, R. C., Lyons, T. W., Samnaliev, M., Bachur, R. G., & Proctor, M. R. (2015). Quality Improvement Effort to Reduce Cranial CTs for Children With Minor Blunt Head Trauma. *Pediatrics*, 136(1), e227-233. doi:10.1542/peds.2014-3588
- Oakley, G. P., Jr. (2019). Classifying by cause and preventing the many causes of spina bifida and anencephaly. *Pediatr Res*. doi:10.1038/s41390-019-0658-3
- Oikonomou, J., Aschoff, A., Hashemi, B., & Kunze, S. (1999). New valves--new dangers? 22 valves (38 probes) designed in the 'nineties in ultralong-term tests (365 days)'. *Eur J Pediatr Surg*, 9 Suppl 1, 23-26. doi:10.1055/s-2008-1072307
- Palchak, M. J., Holmes, J. F., & Kuppermann, N. (2009). Clinician judgment versus a decision rule for identifying children at risk of traumatic brain injury on computed tomography after blunt head trauma. *Pediatr Emerg Care*, 25(2), 61-65. doi:10.1097/PEC.0b013e318196e9c0
- Pappa, H., Richardson, D., Webb, A. A., & May, P. (2009). Individualized template-guided remodeling of the fronto-orbital bandeau in craniosynostosis corrective surgery. *J Craniofac Surg*, 20(1), 178-179. doi:10.1097/SCS.0b013e318191ceed
- Park, J., Kim, G. J., & Hwang, S. K. (2007). Valve inclination influences the performance of gravity-assisted valve. *Surg Neurol*, 68(1), 14-18; discussion 18. doi:10.1016/j.surneu.2006.10.035
- Pearce, M. S., Salotti, J. A., Little, M. P., McHugh, K., Lee, C., Kim, K. P., . . . Berrington de Gonzalez, A. (2012). Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*, 380(9840), 499-505. doi:10.1016/S0140-6736(12)60815-0
- Pediatrics, A. A. o. (1992). American Academy of Pediatrics AAP Task Force on Infant Positioning and SIDS: Positioning and SIDS. *Pediatrics*, 89(6 Pt 1), 1120-1126.
- Pedroso, F. S., Rotta, N., Quintal, A., & Giordani, G. (2008). Evolution of anterior fontanel size in normal infants in the first year of life. *J Child Neurol*, 23(12), 1419-1423. doi:10.1177/0883073808319318
- Persing, J. (2004). Endoscopy-assisted craniosynostosis. *J Neurosurg*, 100(5 Suppl Pediatrics), 403-404; discussion 404-406. doi:10.3171/ped.2004.100.5.0403
- Pietrzak, M., Jagoda, A., & Brown, L. (1991). Evaluation of minor head trauma in children younger than two years. *Am J Emerg Med*, 9(2), 153-156. doi:10.1016/0735-6757(91)90179-n
- Pindrik, J., Ye, X., Ji, B. G., Pendleton, C., & Ahn, E. S. (2014). Anterior fontanelle closure and size in full-term children based on head computed tomography. *Clin Pediatr (Phila)*, 53(12), 1149-1157. doi:10.1177/0009922814538492
- Plank, L. H., Giavedoni, B., Lombardo, J. R., Geil, M. D., & Reisner, A. (2006). 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*, 17(6), 1084-1091. doi:10.1097/01.scs.0000244920.07383.85

- Potter, S., Leigh, E., Wade, D., & Fleminger, S. (2006). The Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire: a confirmatory factor analysis. *J Neurol*, *253*(12), 1603-1614. doi:10.1007/s00415-006-0275-z
- Prevost, R., Keribin, P., Batut, C., Guichard, B., Ambroise, B., Bohra, A., . . . Veysièrè, A. (2019). Management of non-syndromic craniosynostoses in France in 2015: A national survey. *J Craniomaxillofac Surg*, *47*(4), 556-560. doi:10.1016/j.jcms.2019.01.028
- Probst, F. A., Hutmacher, D. W., Muller, D. F., Machens, H. G., & Schantz, J. T. (2010). [Calvarial reconstruction by customized bioactive implant]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, *42*(6), 369-373. doi:10.1055/s-0030-1248310
- Queiros, C., Joly, A., Pare, A., Listrat, A., Travers, N., Goga, D., & Laure, B. (2017). Use of cutting guides during craniosynostosis sequelae surgery: A comparative study between computer-assisted planning and post-operative results. *J Craniomaxillofac Surg*, *45*(7), 1062-1068. doi:10.1016/j.jcms.2017.03.011
- Regenbrecht, J. (1960). [The surgical treatment of hydrocephalus with the Spitz-Holter valve]. *Munch Med Wochenschr*, *102*, 2164-2166.
- Regenbrecht, J. (1961). [Previous experiences in the treatment of hydrocephalus with the Spitz--Holter valve]. *Langenbecks Arch Klin Chir Ver Dtsch Z Chir*, *298*, 652-653.
- Rekate, H. L. (1993). Classification of slit-ventricle syndromes using intracranial pressure monitoring. *Pediatr Neurosurg*, *19*(1), 15-20. doi:10.1159/000120694
- Renier, D., Lajeunie, E., Arnaud, E., & Marchac, D. (2000). Management of craniosynostoses. *Childs Nerv Syst*, *16*(10-11), 645-658. doi:10.1007/s003810000320
- Renier, D., Sainte-Rose, C., Marchac, D., & Hirsch, J. F. (1982). Intracranial pressure in craniostenosis. *J Neurosurg*, *57*(3), 370-377. doi:10.3171/jns.1982.57.3.0370
- Rigi, M., Almarzouqi, S. J., Morgan, M. L., & Lee, A. G. (2015). Papilledema: epidemiology, etiology, and clinical management. *Eye Brain*, *7*, 47-57. doi:10.2147/EB.S69174
- Robinson, S., & Proctor, M. (2009). Diagnosis and management of deformational plagiocephaly. *J Neurosurg Pediatr*, *3*(4), 284-295. doi:10.3171/2009.1.PEDS08330
- Rodriguez-Florez, N., Bruse, J. L., Borghi, A., Vercruyssen, H., Ong, J., James, G., . . . Schievano, S. (2017). Statistical shape modelling to aid surgical planning: associations between surgical parameters and head shapes following spring-assisted cranioplasty. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, *12*(10), 1739-1749. doi:10.1007/s11548-017-1614-5
- Rusticali, B., Villani, R., & Working, G. (2008). Treatment of minor and severe traumatic brain injury. National reference guidelines. *Minerva Anestesiol*, *74*(10), 583-616.
- Saber, N. R., Phillips, J., Looi, T., Usmani, Z., Burge, J., Drake, J., & Kim, P. C. (2012). Generation of normative pediatric skull models for use in cranial vault remodeling procedures. *Childs Nerv Syst*, *28*(3), 405-410. doi:10.1007/s00381-011-1630-7
- Safi, A. F., Kreppel, M., Grandoch, A., Kauke, M., Nickenig, H. J., & Zoller, J. (2018). Clinical Evaluation of Standardized Fronto-Orbital Advancement for Correction of Isolated Trigenocephaly. *J Craniofac Surg*, *29*(1), 72-75. doi:10.1097/SCS.00000000000004058
- Salyer, K. E., & Hall, J. D. (1990). Bandeau--the focal point of frontocranial remodeling. *J Craniofac Surg*, *1*(1), 18-31.
- Sanddal, T. L., Esposito, T. J., Whitney, J. R., Hartford, D., Taillac, P. P., Mann, N. C., & Sanddal, N. D. (2011). Analysis of preventable trauma deaths and opportunities for trauma care improvement in Utah. *J Trauma*, *70*(4), 970-977. doi:10.1097/TA.0b013e3181fec9ba

- Schmitt, J. (2018). Evidenzbasierte Medizin. *Webseite der Medizinischen Universität Dresden*.
- Schnadower, D., Vazquez, H., Lee, J., Dayan, P., & Roskind, C. G. (2007). Controversies in the evaluation and management of minor blunt head trauma in children. *Curr Opin Pediatr*, 19(3), 258-264. doi:10.1097/MOP.0b013e3281084e85
- Schonfeld, D., Bressan, S., Da Dalt, L., Henien, M. N., Winnett, J. A., & Nigrovic, L. E. (2014). Pediatric Emergency Care Applied Research Network head injury clinical prediction rules are reliable in practice. *Arch Dis Child*, 99(5), 427-431. doi:10.1136/archdischild-2013-305004
- Schulz, M., Buhner, C., Pohl-Schickinger, A., Haberl, H., & Thomale, U. W. (2014). Neuroendoscopic lavage for the treatment of intraventricular hemorrhage and hydrocephalus in neonates. *J Neurosurg Pediatr*, 13(6), 626-635. doi:10.3171/2014.2.PEDS13397
- Schutzman, S. A., Barnes, P., Duhaime, A. C., Greenes, D., Homer, C., Jaffe, D., . . . Schunk, J. (2001). Evaluation and management of children younger than two years old with apparently minor head trauma: proposed guidelines. *Pediatrics*, 107(5), 983-993. doi:10.1542/peds.107.5.983
- Schutzman, S. A., & Greenes, D. S. (2001). Pediatric minor head trauma. *Ann Emerg Med*, 37(1), 65-74. doi:10.1067/mem.2001.109440
- Serlo, W., Heikkinen, E., Saukkonen, A. L., & von Wendt, L. (1985). Classification and management of the slit ventricle syndrome. *Childs Nerv Syst*, 1(4), 194-199.
- Seruya, M., Borsuk, D. E., Khalifian, S., Carson, B. S., Dalesio, N. M., & Dorafshar, A. H. (2013). Computer-aided design and manufacturing in craniostomy surgery. *J Craniofac Surg*, 24(4), 1100-1105. doi:10.1097/SCS.0b013e31828b7021
- Seruya, M., Oh, A. K., Rogers, G. F., Boyajian, M. J., Myseros, J. S., Yaun, A. L., & Keating, R. F. (2012a). Controlled hypotension and blood loss during frontoorbital advancement. *J Neurosurg Pediatr*, 9(5), 491-496. doi:10.3171/2012.1.PEDS11459
- Seruya, M., Oh, A. K., Rogers, G. F., Boyajian, M. J., Myseros, J. S., Yaun, A. L., & Keating, R. F. (2012b). Factors related to blood loss during fronto-orbital advancement. *J Craniofac Surg*, 23(2), 358-362. doi:10.1097/SCS.0b013e31824b9c45
- Seruya, M., Oh, A. K., Rogers, G. F., Han, K. D., Boyajian, M. J., Myseros, J. S., . . . Keating, R. F. (2012). Blood loss estimation during fronto-orbital advancement: implications for blood transfusion practice and hospital length of stay. *J Craniofac Surg*, 23(5), 1314-1317. doi:10.1097/SCS.0b013e31825bd02a
- Shah, K. J., Peterson, J. C., Beahm, D. D., Camarata, P. J., & Chamoun, R. B. (2016). Three-Dimensional Printed Model Used to Teach Skull Base Anatomy Through a Transsphenoidal Approach for Neurosurgery Residents. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 12(4), 326-329. doi:10.1227/NEU.0000000000001127
- Sharma, J. D., O'Hara, J. L., Borghi, A., Rodriguez-Florez, N., Breakey, W., Ong, J., . . . James, G. (2018). Results Following Adoption of a Modified Melbourne Technique of Total Scaphocephaly Correction. *J Craniofac Surg*, 29(5), 1117-1122. doi:10.1097/SCS.0000000000004593
- Soleman, J., Thieringer, F., Beinemann, J., Kunz, C., & Guzman, R. (2015). Computer-assisted virtual planning and surgical template fabrication for frontoorbital advancement. *Neurosurg Focus*, 38(5), E5. doi:10.3171/2015.3.FOCUS14852

- Soni, K. D., Mahindrakar, S., Gupta, A., Kumar, S., Sagar, S., & Jhakar, A. (2017). Comparison of ISS, NISS, and RTS score as predictor of mortality in pediatric fall. *Burns Trauma*, 5, 25. doi:10.1186/s41038-017-0087-7
- Sood, S., Barrett, R. J., Powell, T., & Ham, S. D. (2005). The role of lumbar shunts in the management of slit ventricles: does the slit-ventricle syndrome exist? *J Neurosurg*, 103(2 Suppl), 119-123. doi:10.3171/ped.2005.103.2.0119
- Speltz, M. L., Collett, B. R., Stott-Miller, M., Starr, J. R., Heike, C., Wolfram-Aduan, A. M., . . . Cunningham, M. L. (2010). Case-control study of neurodevelopment in deformational plagiocephaly. *Pediatrics*, 125(3), e537-542. doi:10.1542/peds.2009-0052
- Spitz, L. (2004). Peter Paul Rickham. *Pediatr Surg Int*, 19(12), 753-754. doi:10.1007/s00383-003-1135-x
- Stahel, P. F., Heyde, C. E., Wyrwich, W., & Ertel, W. (2005). [Current concepts of polytrauma management: from ATLS to "damage control"]. *Orthopade*, 34(9), 823-836. doi:10.1007/s00132-005-0842-5
- Stavrou, P., Sgouros, S., Willshaw, H. E., Goldin, J. H., Hockley, A. D., & Wake, M. J. (1997). Visual failure caused by raised intracranial pressure in craniosynostosis. *Childs Nerv Syst*, 13(2), 64-67. doi:10.1007/s003810050043
- Stocchetti, N., Conte, V., Ghisoni, L., Canavesi, K., & Zanaboni, C. (2010). Traumatic brain injury in pediatric patients. *Minerva Anestesiol*, 76(12), 1052-1059.
- Stricker, P. A., Goobie, S. M., Cladis, F. P., Haberkern, C. M., Meier, P. M., Reddy, S. K., . . . Pediatric Craniofacial Collaborative, G. (2017). Perioperative Outcomes and Management in Pediatric Complex Cranial Vault Reconstruction: A Multicenter Study from the Pediatric Craniofacial Collaborative Group. *Anesthesiology*, 126(2), 276-287. doi:10.1097/ALN.0000000000001481
- Subcommittee, A., American College of Surgeons' Committee on, T., & International, A. w. g. (2013). Advanced trauma life support (ATLS(R)): the ninth edition. *J Trauma Acute Care Surg*, 74(5), 1363-1366. doi:10.1097/TA.0b013e31828b82f5
- Tamber, M. S., Nikas, D., Beier, A., Baird, L. C., Bauer, D. F., Durham, S., . . . Flannery, A. M. (2016). Guidelines: 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*, 79(5), E632-E633. doi:10.1227/NEU.0000000000001430
- Teichgraeber, J. F., Seymour-Dempsey, K., Baumgartner, J. E., Xia, J. J., Waller, A. L., & Gateno, J. (2004). Molding helmet therapy in the treatment of brachycephaly and plagiocephaly. *J Craniofac Surg*, 15(1), 118-123.
- Thomas, G. P., Johnson, D., Byren, J. C., Judge, A. D., Jayamohan, J., Magdum, S. A., . . . Wall, S. A. (2015). The incidence of raised intracranial pressure in nonsyndromic sagittal craniosynostosis following primary surgery. *J Neurosurg Pediatr*, 15(4), 350-360. doi:10.3171/2014.11.PEDS1426
- van der Meulen, J. J., Nazir, P. R., Mathijssen, I. M., van Adrichem, L. N., Ongkosuwito, E., Stolk-Liefferink, S. A., & Vaandrager, M. J. (2008). Bitemporal depressions after cranioplasty for trigonocephaly: a long-term evaluation of (supra) orbital growth in 92 patients. *J Craniofac Surg*, 19(1), 72-79. doi:10.1097/scs.0b013e31815c8a68
- van Veelen, M. C., Kamst, N., Touw, C., Mauff, K., Versnel, S., Dammers, R., . . . Mathijssen, I. M. (2018). Minimally Invasive, Spring-Assisted Correction of Sagittal Suture



- Synostosis: Technique, Outcome, and Complications in 83 Cases. *Plast Reconstr Surg*, 141(2), 423-433. doi:10.1097/PRS.0000000000004037
- van Vlimmeren, L. A., Engelbert, R. H., Pelsma, M., Groenewoud, H. M., Boere-Boonekamp, M. M., & der Sanden, M. W. (2017). The course of skull deformation from birth to 5 years of age: a prospective cohort study. *Eur J Pediatr*, 176(1), 11-21. doi:10.1007/s00431-016-2800-0
- van Vlimmeren, L. A., Takken, T., van Adrichem, L. N., van der Graaf, Y., Helders, P. J., & Engelbert, R. H. (2006). Plagiocephalometry: a non-invasive method to quantify asymmetry of the skull; a reliability study. *Eur J Pediatr*, 165(3), 149-157. doi:10.1007/s00431-005-0011-1
- van Wijk, R. M., van Vlimmeren, L. A., Groothuis-Oudshoorn, C. G., Van der Ploeg, C. P., Ijzerman, M. J., & Boere-Boonekamp, M. M. (2014). Helmet therapy in infants with positional skull deformation: randomised controlled trial. *BMJ*, 348, g2741. doi:10.1136/bmj.g2741
- Vasilyeva, I. V., Shvirev, S. L., Arseniev, S. B., & Zarubina, T. V. (2013). Prognostic scales ISS-RTS-TRISS, PRISM, APACHE II and PTS in decision support of treatment children with severe mechanical trauma. *Stud Health Technol Inform*, 190, 59-61.
- W, Locher. (2011). August von Hauner: Helfen, Forschen, Heilen. *Verlag Friedrich Pustet*, 70-82.
- Weissler, E. H., Sherif, R. D., & Taub, P. J. (2016). An Evidence-Based Approach to Nonsynostotic Plagiocephaly. *Plast Reconstr Surg*, 138(4), 682e-689e. doi:10.1097/PRS.0000000000002543
- Wendling-Keim, D. S., Konig, A., Dietz, H. G., & Lehner, M. (2017). Ambulatory or inpatient management of mild TBI in children: a post-concussion analysis. *Pediatr Surg Int*, 33(2), 249-261. doi:10.1007/s00383-016-4021-z
- Wendling-Keim, D. S., Mace, Y., Lochbihler, H., Dietz, H. G., & Lehner, M. (2019). A new parameter for the management of positional plagiocephaly: the size of the anterior fontanelle matters. *Childs Nerv Syst*. doi:10.1007/s00381-019-04215-y
- White, N., Marcus, R., Dover, S., Solanki, G., Nishikawa, H., Millar, C., & Carver, E. D. (2009). Predictors of blood loss in fronto-orbital advancement and remodeling. *J Craniofac Surg*, 20(2), 378-381. doi:10.1097/SCS.0b013e31819b9429
- Wieck, M. M., Cunningham, A. J., Behrens, B., Ohm, E. T., Maxwell, B. G., Hamilton, N. A., . . . Jafri, M. A. (2018). Direct to operating room trauma resuscitation decreases mortality among severely injured children. *J Trauma Acute Care Surg*, 85(4), 659-664. doi:10.1097/TA.0000000000001908
- Yan, H., Abel, T. J., Alotaibi, N. M., Anderson, M., Niazi, T. N., Weil, A. G., . . . Ibrahim, G. M. (2018). A systematic review and meta-analysis of endoscopic versus open treatment of craniosynostosis. Part 1: the sagittal suture. *J Neurosurg Pediatr*, 22(4), 352-360. doi:10.3171/2018.4.PEDS17729
- Yang, W., Chen, J., Shen, W., Wang, C., Wu, Z., Chang, Q., . . . Zhang, Y. (2019). Prevalence of positional skull deformities in 530 premature infants with a corrected age of up to 6 months: a multicenter study. *BMC Pediatr*, 19(1), 520. doi:10.1186/s12887-019-1864-1
- Yeates, K. O., Luria, J., Bartkowski, H., Rusin, J., Martin, L., & Bigler, E. D. (1999). Postconcussive symptoms in children with mild closed head injuries. *J Head Trauma Rehabil*, 14(4), 337-350. doi:10.1097/00001199-199908000-00003

- Yoo, H. S., Rah, D. K., & Kim, Y. O. (2012). Outcome analysis of cranial molding therapy in nonsynostotic plagiocephaly. *Arch Plast Surg*, 39(4), 338-344. doi:10.5999/aps.2012.39.4.338
- Yousefzadeh-Chabok, S., Kazemnejad-Leili, E., Kouchakinejad-Eramsadati, L., Hosseinpour, M., Ranjbar, F., Malekpouri, R., & Mohtasham-Amiri, Z. (2016). Comparing Pediatric Trauma, Glasgow Coma Scale and Injury Severity scores for mortality prediction in traumatic children. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 22(4), 328-332. doi:10.5505/tjtes.2015.83930
- Zöller, J. (2003). Kraniofaziale Chirurgie: Diagnostik und Therapie kraniofazialer Fehlbildungen. 3-5; 25; 29-32; 111. doi:10.1055/b-0034-8979

## 5. ANHANG

---

### 5.1 Aktualisiertes Verzeichnis wissenschaftlicher Abhandlungen

#### 5.1.2 Originalarbeiten als Erst- oder Letztautor:

- *On-site CAD templates reduce surgery time for complex craniostenosis repair in infants: a new method.*  
Lehner M,  
Childs Nerv Syst. 2020 doi: 10.1007/s00381-019-04474-9. [Epub ahead of print: 03.03.2020]  
PMID: [PubMed]  
IF: 1.327
  
- *Osteoclastic craniectomy for scaphocephaly in infants results in physiological head shapes.*  
**Lehner M**, Ferrari-von Klot F, Zundel S, Wendling-Keim D.  
J Craniomaxillofac Surg. 2019 Nov 28. pii: S1010-5182(19)31113-8. doi: 10.1016/j.jcms.2019.10.006. [Epub ahead of print]  
PMID: 31812312 [PubMed]  
IF: 1.942
  
- *Prognostic Factors for the Outcome of Supracondylar Humeral Fractures in Children.*  
Wendling-Keim DS, Binder M, Dietz HG, **Lehner M**.  
Orthop Surg. 2019 Aug;11(4):690-697. doi: 10.1111/os.12504. Epub 2019 Aug 5.  
PMID: 31385419 [PubMed]  
IF: 1.907
  
- *A new parameter for the management of positional plagiocephaly: the size of the anterior fontanelle matters.*  
Wendling-Keim DS, Macé Y, Lochbihler H, Dietz HG, **Lehner M**.  
Childs Nerv Syst. 2019 Jun 17. doi: 10.1007/s00381-019-04215-y. [Epub ahead of print]  
PMID: 31209640 [PubMed]  
IF: 1.327
  
- *Reduction of treatment time for children in the trauma room care: Impact of implementation of an interdisciplinary trauma room concept (iTRAPS).*  
**Lehner M**, Hoffmann F, Kammer B, Heinrich M, Falkenthal L, Wendling-Keim D, Kurz M.  
Anaesthesist. 2018 Oct 25. doi: 10.1007/s00101-018-0500-z. [Epub ahead of print] German. PMID: 30361932 [PubMed]  
IF: 0.995

- *iTRAPS: interdisziplinäre Schockraumversorgung im Kindesalter.*  
**Lehner M**, Hoffmann F, Kammer B, Heinrich M, Falkenthal L, Kurz M.  
 Notfall- & Rettungsmedizin, 2/2018  
 IF: 0.532
  
- *Mild Traumatic Brain Injury in Children: Strategies to Reduce the in-Hospital Observation Period*  
**M. Lehner**, A. Koenig, B. Schuster, H.-G. Dietz and D. Wendling-Keim  
 OA Journal of Surgery, Volume 4, Issue 2-May 2017; ISSN: 2476-1346.  
 IF: 0.103
  
- *Ambulatory or inpatient management of mild TBI in children: a post-concussion analysis.*  
 Wendling-Keim DS, König A, Dietz HG, **Lehner M**.  
 Pediatr Surg Int. 2017 Feb;33(2):249-261. doi: 10.1007/s00383-016-4021-z. Epub 2016 Nov 17. PMID: 27858189 [PubMed]  
 IF: 1.476
  
- Evaluation of a Pilot Project to Introduce Simulation-Based Team Training to Pediatric Surgery Trauma Room Care.  
**Lehner M**, Heimberg E, Hoffmann F, Heinzl O, Kirschner HJ, Heinrich M.  
 Int J Pediatr. 2017; 2017:9732316. doi: 10.1155/2017/9732316. Epub 2017 Feb 14. PMID: 28286528 [PubMed]  
 IF: 0.86
  
- *Functional imaging for determination of neuroblastoma: an obligatory diagnostic program.*  
**Lehner M**, Stehr M, Till H, Schuster T, Dietz HG.  
 Eur J Pediatr Surg. 2005 Oct;15(5):343-6. PMID: 16254847 [PubMed]  
 IF: 1.026

### 5.1.2 Originalarbeiten als Ko-Autor:

- *Comparison of the AVPU Scale and the Pediatric GCS in Prehospital Setting.*  
Hoffmann F, Schmalhofer M, **Lehner M**, Zimatschek S, Grote V, Reiter K.  
Prehosp Emerg Care. 2016 Jul-Aug; 20(4):493-8. doi: 10.3109/10903127.2016.1139216. Epub 2016 Mar 8. PMID: 26954262 [PubMed]  
IF: 1.223
  
- *Establishment of a Neonatal ECMO Programme on the Basis of a Special Training Programme-A 6-year Analysis.*  
Förster KM, Herber-Jonat S, Huebener C, Hasbargen U, Schmitz C, Schramm R, **Lehner M**, Stehr M, Schulze A, Flemmer AW.  
Z Geburtshilfe Neonatol. 2015 Dec; 219(6):274-80. doi: 10.1055/s-0035-1547298. Epub 2015 Sep 17. PMID: 26378775 [PubMed]  
IF: 0.403
  
- ***Neurodevelopmental and esthetic results in children after surgical correction of metopic suture synostosis: a single institutional experience.***  
Kunz M, **Lehner M**, Heger A, Armbruster L, Weigand H, Mast G, Peraud A.  
Childs Nerv Syst. 2014 Jun;30(6):1075-82. doi: 10.1007/s00381-013-2340-0. Epub 2013 Dec 13. PMID: 24337567 [PubMed]  
IF: 1.235
  
- ***Magnetic resonance-based estimation of intracranial pressure correlates with ventriculoperitoneal shunt valve opening pressure setting in children with hydrocephalus.***  
Muehlmann M, Koerte IK, Laubender RP, Steffinger D, **Lehner M**, Peraud A, Heinen F, Kiefer M, Reiser M, Ertl-Wagner B.  
Invest Radiol. 2013 Jul;48(7):543-7. doi: 10.1097/RLI.0b013e31828ad504. PMID: 23695081 [PubMed]  
IF: 2.475
  
- *Non-invasive estimation of intracranial pressure : MR-based evaluation in children with hydrocephalus.*  
Muehlmann M, Steffinger D, Peraud A, **Lehner M**, Heinen F, Alperin N, Ertl-Wagner B, Koerte IK.  
Radiologe. 2012 Sep;52(9):827-32. doi: 10.1007/s00117-012-2326-z. German. PMID: 22903585 [PubMed - indexed for MEDLINE]  
IF: 0.185

- *Children with tethered cord syndrome of different etiology benefit from microsurgery-a single institution experience.*  
Stavrinou P, Kunz M, **Lehner M**, Heger A, Müller-Felber W, Tonn JC, Peraud A.  
Childs Nerv Syst. 2011 May; 27(5):803-10. doi: 10.1007/s00381-010-1374-9. Epub 2011 Jan 6. PMID: 21210127 [PubMed]  
IF: 1.235
  
- *Experiences with a gravity-assisted valve in hydrocephalic children.*Haberl EJ, Messing-Juenger M, Schuhmann M, Eymann R, Cedzich C, Fritsch MJ, Kiefer M, Van Lindert EJ, Geyer C, **Lehner M**, Rohde V, Stroux A, von Berenberg P.  
J Neurosurg Pediatr. 2009 Sep;4(3):289-94. doi: 10.3171/2009.4.PEDS08204. PMID: 19772417 [PubMed]  
IF: 1.009
  
- *Tubularized incised plate (TIP) urethroplasty (Snodgrass) in primary hypospadias repair.*  
Stehr M, **Lehner M**, Schuster T, Heinrich M, Dietz HG.  
Eur J Pediatr Surg. 2005 Dec;15(6):420-4.  
PMID: 16418960 [PubMed]  
IF: 0.396
  
- ***Minimally invasive funnel chest correction.***  
Till H, Joppich I, **Lehner M**, Dietz HG.  
Wien Med Wochenschr. 2003; 153 (1-2): 34-6.  
PMID: 12621689 [PubMed]  
IF: 0.19
  
- ***B1 kinin receptor activity in pigs is associated with pre-existing infection.***  
Siebeck M, Schorr M, Spannagl E, **Lehner M**, Fritz H, Cheronis JC, Whalley ET.  
Immunopharmacology. 1998 Jul;40(1):49-55.  
PMID: 9776478 [PubMed]  
IF: 1.054

## 5.2 Übersichtsartikel / Reviews

- ***AWMF-Leitlinie Polytraumaversorgung Kind***  
**Lehner M.**  
Kapital: Schockraum-Management; Kapital SHT-Versorgung.  
Delfi-Prozess.
- ***Management of Traumatic Brain Injury in Childhood.***  
**M. Lehner**, S. Deininger, D. Wendling-Keim  
Monatsschrift Kinderheilkunde, 11-2019; ISSN: 0026-9298. DOI:  
10.1007/s00112-019-00770-5. [googleScholar]  
IF: 0.312
- ***Strategies in the treatment of supracondylar fractures of the humerus in children - proven and controversial.***  
**Lehner M**, Schuster B, Dietz HG.  
Zentralbl Chir. 2014 Dec;139(6):613-20. doi: 10.1055/s-0034-1383315.  
Epub 2014 Dec 22. Review. German. PMID: 25531635 [PubMed]  
IF: 0.101
- ***Leichtes Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter. Diagnose- und Behandlungsstrategien.***  
**M. Lehner**, C. Krohn  
Monatsschrift Kinderheilkunde, 1/2013; ISSN: 0026-9298. DOI:  
10.1007/s00112-012-2849-4. [googleScholar]  
IF: 0.14
- ***Versorgungsstrategien für das Schockraummanagement polytraumatisierter Kinder – Notwendigkeit eines interdisziplinären Algorithmus.***  
Hoffmann F, Heinrich M, Kurz B, Kammer B, **Lehner M**  
DIVI Jahrbuch 2018, p 291-304; ISSN: 978-3-95466-412-2.

### 5.3 Buchkapitel:

- *Notfallmaßnahmen am Kind.*  
**Lehner M.**  
in:  
Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie.  
Dietz, Illing, Schmittbecher, Slongo, Sommerfeldt.  
Springer 2012; ISBN: 978-3-642-12934-6
  
- Kinderchirurgie – Basiswissen und Praxis  
Kapitel: 11 Pädiatrische Neurochirurgie  
Heinrich M, **Lehner M**  
2.Auflage, 2012, Schweinitz D (Hrsg.)  
W. Zuckschwerdt Verlag, München
  
- ***Kindernotfall-ABC***  
Nicolai, Hoffmann (Hsg.)  
Review.  
Springer 2011. ISBN: 978-3-642-16856-7
  
- ***Ambulanzmanual***  
Irene Schmid (Hrsg.), 3. Auflage 2011  
Kapitel PEG-Anlage.  
ISBN: 3-00-003378-5

### 5.4 Sonstige Veröffentlichungen

- *Nach Unfall: Wann Kinder kein CT brauchen – mit internationalen Regelwerken zur richtigen Entscheidung.*  
**M. Lehner.**  
Medscape - 21. Aug 2017.
  
- ***Der Helm soll es richten.***  
**M. Lehner**  
Otschweiz am Sonntag. 31.12.2017.



## Journal Impact Faktoren

Anzahl der Originalarbeiten: 21 (davon mit Impact Faktor 20)

## Kumulativer Impact Faktor aus 20 Originalarbeiten

**22.687 (ø: 1.08)**

Originalarbeiten als Erst-/Letztautor 8 (davon mit Impact Faktor 8)

## Kumulativer Impact Faktor aus 10 Erstautorenschaften

**11.495 (ø: 1.15)**

## Google-Scholar, H-Index:

### Markus Lehner

Department of Pediatric Surgery,  
Children's Hospital, Lucerne,  
Luzerner Kantonsspital, Switzerland  
Pediatric Surgery

	All	Since 2014
Citations	220	138
h-index	8	7
i10-index	6	5

## 5.5 Zitierfähige Abstracts von Vorträgen und Postern

9. Management options in acute on chronic hydrocephalus in children.  
E. Meuwly, S. Deininger, P. Szavay, **M. Lehner**  
Paediatrica Vol.29, Nr. 2 2018, Suppl.
8. Ventriculoperitoneal Shunt versus endoscopic third ventriculostomy in children less than one year: a single center report.  
S. Deininger, E. Meuwly, P. Szavay, **M. Lehner**  
Paediatrica Vol 29, Nr. 2 2018, Suppl.
7. Epidural Hematoma following minor traumatic brain injury in children.  
**M. Lehner**, M. Stehr, A. Heger, H.-G. Dietz  
Eur Surg (2011) 43(Suppl 239): 1. <https://doi.org/10.1007/s10353-011-0597->
6. Korrektur einer übersehenen Monteggia-Fraktur im Kindesalter.  
**Lehner M.**, H.-G. Dietz  
29. Jahrestagung der Sektion Kindertraumatologie in der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) Kindertraumatologie der DGU Juni 2010, Hamburg.
5. Reconstruction of skull defects in children by the use of CAD planned grafts consisting of hydroxylapatite.  
**Lehner M.**, Heger A., Dietz H.-G.  
Eur Surg (2010) 42(Suppl 234): 1. <https://doi.org/10.1007/s10353-010-0529->
4. Intraventricular hemorrhage in newborns. Mechanism, therapeutic options, case report.  
**Lehner M.**, Dietz H.-G.  
Eur Surg (2008) 40(Suppl 221): 1. <https://doi.org/10.1007/s10353-008-0386->
3. proGAV: preliminary experiences with an adjustable shunt system in children. A32.  
**M. Lehner**, N. Schmid, R. Mäusl, A. Heger, H.-G. Dietz  
Eur Surg (2007) 39(Suppl 214): 1. <https://doi.org/10.1007/s10353-007-0324->
2. Management of Hydrocephalus and Acute Shunt Failure combined with severe deterioration.  
Lochbihler H, **Lehner M.**  
Eur Surg (2004) 36(Suppl 196): 1. <https://doi.org/10.1007/s10353-004-0133->
1. Algorithm for the Management of Congenital Arachnoidal Cysts in Children.  
**Lehner M.** Lochbihler H.  
Eur Surg (2004) 36(Suppl 196): 1. <https://doi.org/10.1007/s10353-004-0133->

## 5.6 Sonstige Vorträge und Fortbildungsveranstaltungen

48. 12. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner.**  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
Oktober 2019
47. Das Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter. Red flags.  
**M. Lehner.**  
AKIC, Akademie für Kinderchirurgie, Mannheim 2019
46. Zeitgerechte Traumaversorgung  
**M. Lehner.**  
GNPI, Auf der Reisenburg 2019
45. Notfallversorgung Kind.  
**M. Lehner.**  
5. Mitteleuropäische Luftrettungssymposium, St. Gallen 2019
44. Schockraummanagement.  
**M. Lehner.**  
WAKKA, Stuttgart 2019
43. Das Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter.  
**M. Lehner**  
Kinderanästhesie-Tag, Luzern 2019
42. 11. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner.**  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
November 2018
41. Polytraumaversorgung Kind  
**M. Lehner, P. Szavay**  
Trauma-Day, Luzern 2018

40. Schockraumversorgung im Kindesalter  
**M. Lehner**  
28. Symposium Intensivmedizin & Intensivpflege , Bremen 2018
39. Moderne Schockraumversorgung im Kindesalter.  
**M. Lehner**, F. Hoffmann, M. Kurz,  
GNPI, Leipzig 2018
38. Einflussfaktoren bei der operativen Frakturversorgung im Kindesalter (ID: 422) Influencing factors for the surgical management of pediatric fractures  
Danielle Wendling-Keim, M Binder, H. G. Dietz, **M. Lehner**  
Deutscher Chirurgen Kongress, Berlin 2018
37. Prognosefaktoren bei der Frakturversorgung von Kindern: Beeinflusst das Timing die Ergebnisse der Osteosynthese?  
D. Wendling-Keim, M. Binder, H.-G. Dietz, **M. Lehner**;  
Jahrestagung der Vereinigung Kinderorthopädie, Dresden 2018
36. Management options in acute on chronic hydrocephalus in children.  
E. Meuwly, S. Deininger, P. Szavay, **M. Lehner**  
Jahreskongress Schweizer Gesellschaft für Kinderchirurgie 2018 Lausanne
35. Ventriculoperitoneal Shunt versus endoscopic third ventriculostomy in children less than one year: a single center report.  
S. Deininger, E. Meuwly, P. Szavay, **M. Lehner**  
Jahreskongress Schweizer Gesellschaft für Kinderchirurgie 2018 Lausanne
34. Zeitgemässe Traumaversorgung aus Kinderchirurgischer Sicht.  
**M. Lehner**, Ph. Szavay  
GNPI Fortbildung Blaubeuren  
November 2017.
33. 10. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage,  
Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner**.  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
November 2017

32. 9. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner**.  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
November 2016
31. 8. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner**.  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
November 2015
30. 7. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner**.  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
November 2014
29. Thoraxdrainage im Notarztdienst bei pädiatrischen Patienten.  
**M. Lehner**  
1. Kinder-Notfall-Tage Garmisch-Partenkirchen.  
Februar 2014
28. Ellenbogenverletzungen im Kindesalter.  
**M. Lehner**, C. Menzel, H.-G. Dietz  
Anwendertreffen rund um das Ellenbogengelenk,  
Fortbildungsveranstaltung Klinikum Kaufbeuren  
November 2013.
27. Akutes Abdomen im Kindesalter aus Kinderchirurgischer Sicht.  
**M. Lehner**  
Repetitorium Pediatrae.  
Akademie für Entwicklungsrehabilitation  
November 2013.
26. Frakturen im Kindesalter: wann geschlossen, wann operativ?  
**M. Lehner**  
Hauertag 2013, Dr. von Hauner'sches Kinderspital der LMU, München  
November 2013

25. 6. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner**.  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
November 2013
24. Bauchschmerzen: Harmlos oder akut?  
**M. Lehner**  
Schul-Sanitätsdienst-Symposium, Klinikum Großhadern, LMU München  
Oktober 2013
23. Das kindliche Schädel-Hirn-Trauma: klein, krank, kritisch?  
**M. Lehner**  
Notarzt- und Rettungsdienstfortbildung Notfallgäu  
November 2012
22. 5. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner**.  
Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU, München.  
November 2012
21. Akutes Abdomen im Kindesalter aus Kinderchirurgischer Sicht.  
**M. Lehner**  
Repetitorium Pediatría.  
Akademie für Entwicklungsrehabilitation  
November 2012.
20. Reanimation: Neo – Säugling – Kind.  
**M. Lehner**, F. Hoffmann.  
Fortbildungsveranstaltung Klinikum Coburg.  
Oktober 2012
19. Kindertraumatologie.  
**M. Lehner**.  
Montagsfortbildung der Chirurgischen Klinik Nußbaustrasse, LMU München  
Mai 2012.

18. Das Polytrauma im Kindesalter.  
**M. Lehner**, H.-G. Dietz.  
SGKJ-Tagung München.  
Mai 2012
17. Operative Versorgung der proximalen Femurfraktur im Kindesalter.  
**M. Lehner**, H.-G. Dietz.  
SGKJ-Tagung München.  
Mai 2012
16. Spezielle Kindertraumatologie  
**M. Lehner**  
PaedSim Crash-Kurs Kindernotfälle für Anästhesisten  
INM, LMU München.  
April 2012.
15. Kindertraumatologie. Spezielle Aspekte für den Rettungsdienst.  
**M. Lehner**.  
First Responder Symposium des Kreisfeuerwehrverbandes.  
April 2012, Unterschleißheim.
14. Schock in der Präklinik, Pathophysiologie, Differentialdiagnose.  
**M. Lehner**.  
Rettungsdienstfortbildung Berufsfeuerwehr München.  
Februar 2012.
13. 4. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner**.  
Akademie für Entwicklungsrehabilitation München.  
November 2011
12. Akutes Abdomen im Kindesalter aus Kinderchirurgischer Sicht.  
**M. Lehner**  
Repetitorium Pediatría.  
Akademie für Entwicklungsrehabilitation  
November 2011.

11. Grundzüge der Kinderreanimation gemäss den Leitlinien des ERC 2005.  
Hoffmann F., **Lehner M.**  
In house Fortbildung, Dr. von Hauner'sches Kinderspital.  
Juli 2010.
10. 3. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner.**  
Akademie für Entwicklungsrehabilitation München.  
Februar 2010
9. Kindertraumatologie. Spezielle Aspekte für den Rettungsdienst.  
**M. Lehner.**  
Rettungsdienstfortbildung Berufsfeuerwehr München.  
Dezember 2009.
8. 2. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner.**  
Akademie für Entwicklungsrehabilitation München.  
November 2009
7. Kindertraumatologie. Spezielle Aspekte für den Rettungsdienst.  
**M. Lehner.**  
Rettungsdienstfortbildung ASB München.  
Juli 2009.
6. Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter: spezielle Aspekte für den Notarztdienst.  
**M. Lehner,** H.-G. Dietz  
Gemeinsame Notarzt- und Rettungsdienstfortbildung Klinikum Großhadern, LMU.  
Juni 2009.
5. 1. Münchner Workshop Kindernotfälle: SHT, Thoraxdrainage, Chirurgischer Atemweg.  
**M. Lehner.**  
Akademie für Entwicklungsrehabilitation München.  
Januar 2009



4. Der Münchner Kindernotarzt. Notarztdienst der vier Münchner Kinderkliniken und der Berufsfeuerwehr München.  
**Lehner M.**, Hoffmann F.  
Rettungsdienstsymposium Berlin 2008.  
November 2008.
  
3. Kindertraumatologie im Notarztdienst  
**M. Lehner**  
Notarztfortbildung Klinikum Bogenhausen.  
Oktober 2008.
  
2. Das leichte Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter: Definition, Diagnostik, Therapie.  
**M. Lehner**, H.-G. Dietz  
Fortbildungsveranstaltung Klinikum Ravensburg.  
Dezember 2007.
  
1. Syndromale Nahtsynostosen: Apert und Crouzon Syndrom.  
**M. Lehner**, H. Lochbihler.  
Kinderneurochirurgische Fortbildung Klinikum Großhadern,  
Neurochirurgische Klinik.  
April 2006.

## 5.7 Ausgewählte Arbeiten zur schriftlichen Habilitationsleistung

**A (Haberl et al., 2009)**

**Experiences with a gravity-assisted valve in hydrocephalic children.**

Haberl EJ, Messing-Juenger M, Schuhmann M, Eymann R, Cedzich C, Fritsch MJ, Kiefer M, Van Lindert EJ, Geyer C, **Lehner M**, Rohde V, Stroux A, von Berenberg P.

J Neurosurg Pediatr. 2009 Sep;4(3):289-94.

doi: 10.3171/2009.4. PEDS 08204. PubMed PMID: 19772417.

IF: 1.089

**B (M. Lehner et al., 2019)**

**Osteoclastic craniectomy for scaphocephaly in infants results in physiological head shapes.**

**M. Lehner**, F. Ferrari-von Klot, S. Zundel, D. Wendling-Keim

Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery, Available online 28 November 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2019.10.006>, PubMed. PMID: 31812312

IF: 1.942

**C (Lehner M, 2020)**

**On-site CAD templates reduce surgery time for complex craniostenosis repair in infants: a new method.**

**M. Lehner**, D. Wendling-Keim, M. Kunz, S. Deininger, S. Zundel, A. Peraud, G. Mast.

Childs Nervous System, epub ahead of print: 03.01.2020; DOI: 10.1007/s00381-019-04474-9

IF: 1.327

**D (Wendling-Keim et al., 2019)**

**A new parameter for the management of positional plagiocephaly: the size of the anterior fontanelle matters.**

Wendling-Keim DS, Macé Y, Lochbihler H, Dietz HG, **Lehner M.**

Childs Nerv Syst. 2019 Jun 17. doi: 10.1007/s00381-019-04215-y. [Epub ahead of print]

IF: 1.327

**E (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, Wendling-Keim, et al., 2018)**

**Reduction of treatment time for children in the trauma room care:**

**Impact of implementation of an interdisciplinary trauma room concept (iTRAP<sup>S</sup>).**

**Lehner M**, Hoffmann F, Kammer B, Heinrich M, Falkenthal L, Wendling-Keim D, Kurz M.

Anaesthesist. 2018 Dec;67(12):914-921. doi: 10.1007/s00101-018-0500-z. Epub 2018 Oct 25. PubMed PMID: 30361932

IF: 0.995

**F (Wendling-Keim et al., 2017)**

**Ambulatory or inpatient management of mild TBI in children: a post-concussion analysis.**

Wendling-Keim DS, König A, Dietz HG, **Lehner M**.

Pediatr Surg Int. 2017 Feb;33(2):249-261. doi: 10.1007/s00383-016-4021-z. Epub 2016 Nov 17. PubMed PMID: 27858189.

IF: 1.476

**5.8            Ausgewählte Arbeiten zur schriftlichen Habilitationsleistung im Original**

**zu 2.1            A (Haberl et al., 2009)**

**zu 2.2.1        B (M. Lehner et al., 2019)**

**zu 2.2.1        C (Lehner M, 2020)**

**zu 2.2.2        D (Wendling-Keim et al., 2019)**

**Zu 2.3            E (M. Lehner, Hoffmann, Kammer, Heinrich, Falkenthal, Wendling-Keim, et al., 2018)**

**zu 2.3            F (Wendling-Keim et al., 2017)**

## 6. Lebenslauf

---

## 7. Danksagung

---

Herrn Prof. Dr. v. Schweinitz, Direktor der Kinderchirurgischen Klinik, gilt mein Dank dafür, dass er den Vorsitz meines Fachmentorats übernommen hat.

Den beiden weiteren Mentorats-Mitgliedern Herrn Prof. Dr. Heinen und Herrn Prof. Dr. Dr. Ehrenfeld gilt ebenfalls mein Dank. Sie haben mich stets in meinem Vorhaben bekräftigt und unterstützt.

Mein Dank geht auch an den Chefarzt der Kinderchirurgischen Klinik am Kindespital Luzern, Herr Prof. Philipp Szavay, der mich ebenfalls für dieses Projekt unterstützt hat.

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Dietz, ehemaliger leitender Oberarzt der Kinderchirurgischen Klinik am Dr. von Hauner'schen Kinderspital, möchte ich an dieser Stelle meinen ganz persönlichen Dank aussprechen.

Herr Prof. Dietz war nicht nur mein chirurgischer Lehrer, sondern auch mein Mentor während meiner Zeit am Dr. von Hauner'schen Kinderspital. Hierfür bin ich sehr dankbar. Neben einer breiten kinderchirurgischen Ausbildung mit Spezialisierung in Kindertraumatologie sowie Weiterbildung in Kinderurologie habe ich es Herrn Prof. Dietz zu verdanken, dass ich mich von Anfang an im Bereich der kraniospinalen Kinderchirurgie entwickeln und den Grundstein für diese Habilitationsschrift legen konnte.

Meinem Kollegen und langjährigem Wegbegleiter aus der Pädiatrie PD Dr. Florian Hoffmann von der Kinderintensivstation am Dr. von Hauner'schen Kinderspital möchte ich ebenfalls ganz besonders danken. Die interdisziplinären Themen wie Intensivmedizin und Kindernotarzt haben wir nie aus den Augen verloren. Ohne ihn wären einige der Studien, die für das Gelingen dieser Habilitationsschrift beigetragen haben, gar nicht erst entstanden. Zusammen mit meiner langjährigen Kollegin aus der Kinderchirurgie PD Dr. Martina Heinrich haben mich beide beharrlich bekräftigt, die vorgelegten Studien zusammenzustellen.

Nicht zu Letzt möchte ich Fr. Dr. Danielle Wendling-Keim ganz besonders danken, die mich sowohl fachlich in meiner klinischen Tätigkeit als auch maßgeblich bei den verschiedenen Ethikanträgen und Publikationen mit kritischer Durchsicht der Manuskripte sowie Ideen zu wissenschaftlichem Arbeiten unterstützt hat.

Der Arbeitsgruppe *Kraniosynostosen* an der LMU mit Prof. Dr. Dr. Gerson Mast und Prof. Dr. Aurelia Peraud sowie PD Dr. Mathias Kunz möchte ich ebenfalls ganz herzlich danken. Wir konnten über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren die kleinen Patienten mit komplexen Fehlbildungen des knöchernen Schädels innovativ und sicher interdisziplinär behandeln.

Ohne die stringente Arbeit der beteiligten Doktorandinnen und Doktoranden wäre die Basis dieser Habilitationsschrift nicht möglich gewesen. Mein Dank gilt vor allem meiner ersten Doktorandin Frau Dr. med. Adriana König, Oberärztin der Kinderchirurgischen Klinik am Kinderspital Luzern sowie den weiteren Doktoranden Frau Dr. med. Sandra Teschemacher, Frau Dr. med. Felicitas Ferrari-von Klot und Herrn Dr. med. Yannik Macé.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, in erster Linie meiner Frau Susanne und meinen beiden Kindern Lorenz und Veronika, die mich in vielen Stunden, Abenden und Tagen entbehren mussten. Meiner Frau möchte ich sehr für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danken.

Meinen Eltern, meiner Mutter Renate und meinem bereits verstorbenen Vater Albert Lehner gilt ebenfalls mein besonderer Dank.