

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

**Interdisziplinäres Management
kindlicher Schädel-Hirn-Traumata //**
**Multidisciplinary management of
pediatric traumatic brain injury**

Rossmann T, Scheibenpflug C

Mühlbauer M, Pfisterer W

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2019; 20 (2), 64-70

Homepage:

www.kup.at/

JNeurolNeurochirPsychiatr

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Indexed in
EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031117M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

76. Jahrestagung

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie DGNC

Joint Meeting mit der Französischen
Gesellschaft für Neurochirurgie



2025
1.–4. Juni
HANNOVER

www.dgnc-kongress.de

Im Spannungsfeld zwischen
Forschung und Patientenversorgung

PROGRAMM JETZT ONLINE EINSEHEN!



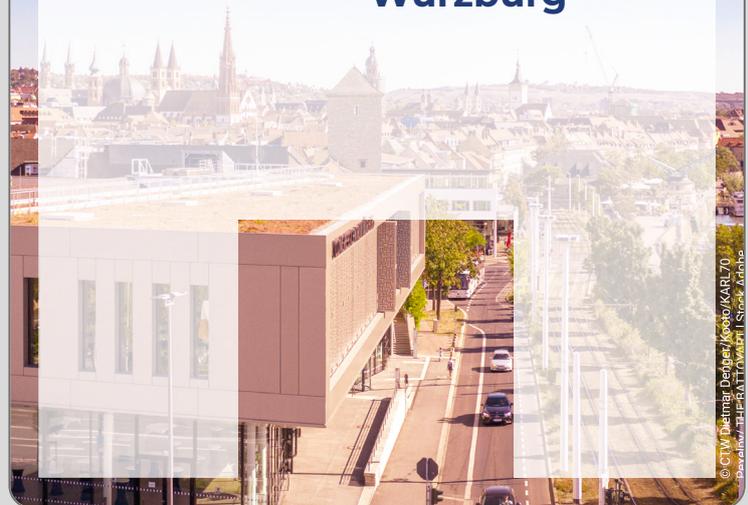
Deutsche
Gesellschaft für
Epileptologie



64. JAHRESTAGUNG

der Deutschen Gesellschaft für Epileptologie

10.–13. Juni 2026
Würzburg



© CIM Deimer Deque/Kosch/KARL70
Bavaria_HFB/Alto/Warri | Stock Adobe

Interdisziplinäres Management kindlicher Schädel-Hirn-Traumata

T. Rossmann¹, Ch. Scheibenpflug², M. Mühlbauer¹, W. Pfisterer¹

Kurzfassung: Das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) ist eine der häufigsten Ursachen für Tod oder bleibende Schäden im Kindesalter. Ziel der interdisziplinären Behandlung sind die operative Sanierung intrakranieller Pathologien, die Anwendung lebenserhaltender Maßnahmen sowie das Minimieren von sekundären Folgeschäden, insbesondere neurokognitiver Defizite. Die Kinderintensivmedizin leistet ihren Beitrag vor allem durch das Management des posttraumatischen Hirnödems und begleitender systemischer Komplikationen. Neurochirurgische Interventionen betreffen meist die Anlage von Hirndrucksonden, liquorableitender Systeme sowie Kraniotomien bei jenen Pathologien, die dies erfordern, etwa epidurale und subdurale Hämatomate, penetrierende Verletzungen mit intrazerebralen Läsionen, oder die dekompressive Kraniektomie bei therapierefraktärem erhöhtem Hirndruck (ICP).

Eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit ist unabdingbar, um die Herausforderungen in der Behandlung kindlicher SHT bewältigen zu können. In kritischen Situationen müssen standardisierte Behandlungsprotokolle rasch individualisiert werden, um ein optimales Outcome

im Sinne der Patienten zu erreichen. Dies umfasst insbesondere die Einbindung zahlreicher Berufsgruppen wie Neurochirurgie, Intensivmedizin, Pädiatrie, Neurologie, Ergotherapie, Physiotherapie und der Krankenpflege. Nach Möglichkeit werden auch die Eltern frühzeitig in den Behandlungsablauf integriert. Im Folgenden soll das interdisziplinäre Behandlungskonzept für kindliche SHT in einem Schwerpunktspital mit pädiatrischer Traumaversorgung dargestellt werden.

Schlüsselwörter: Pädiatrie, Schädel-Hirn-Trauma, SHT, Intensivmedizin

Abstract: Multidisciplinary management of pediatric traumatic brain injury. Traumatic brain injury is one of the leading causes of death and permanent disability in pediatric patients. The adequate treatment approach includes surgical management of intracranial pathologies and multidisciplinary postoperative care with the aim to prevent secondary injuries, potentially causing neurocognitive deficits. Pediatric intensive care focuses on pre-

venting posttraumatic brain edema and systemic complications. Neurosurgical operative interventions mainly include the implantation of devices to measure intracranial pressure and for cerebrospinal fluid drainage. Craniotomies are performed in cases of subdural or epidural hematoma, or penetrating head injuries with intracerebral lesions. Decompressive craniectomy may be performed for elevated intracranial pressure refractory to medical treatment.

Close multidisciplinary cooperation is of utmost importance to master the challenges in traumatic brain injury. Standardized evidence based treatment protocols have to be quickly adapted to individual patients to achieve satisfactory outcomes. This requires joint efforts by neurosurgery, intensive care, pediatrics, neurology, occupational therapy, physical therapy and nursing staff as well as the involvement of parents if possible. The following pages outline a multidisciplinary treatment approach in a pediatric trauma center. **J Neurol Neurochir Psychiatr 2019; 20 (2): 64–70.**

Keywords: pediatric, traumatic brain injury, management, intensive care

■ Einleitung

Schädel-Hirn-Traumata (SHT) repräsentieren im Kindes- und Jugendalter eine der Hauptursachen für Mortalität und permanente neurologische Defizite [1]. Das Management der pädiatrischen Neurotraumatologie stellt hohe Anforderungen an das betreuende medizinische Personal. Auf den folgenden Seiten wird eine Übersicht über die neurochirurgischen und intensivmedizinischen Behandlungsabläufe in einem Schwerpunktspital mit pädiatrischer Traumaversorgung gegeben und an einem Fallbeispiel erörtert werden. Da milde SHT keine weiterführende chirurgische oder intensivmedizinische Betreuung erfordern, sollen diese hier nicht abgehandelt werden.

Nach präklinischer Versorgung und Transfer erfolgt im Schockraum die Evaluierung des Schweregrades des SHT vorrangig anhand der Glasgow Coma Scale (GCS), beziehungsweise anhand der Pediatric GCS [2] bei einem Alter unter zwei Jahren. Ein mildes SHT liegt bei einem GCS von mindestens 13 vor, bei zwölf bis neun Punkten besteht ein mittelgradiges SHT, acht oder weniger Punkte weisen auf ein schweres SHT hin. Um ein klinisch relevantes SHT [3] zu erkennen, sind sowohl der adulte als auch der pädiatrische GCS etwa gleichwertig, lediglich in Korrelation zum Ergebnis bildgebender Verfahren ist der pädiatrische dem adulten GCS unterlegen [4]. Welches

GCS-Element (Augen öffnen, Sprache, Motorik) am verlässlichsten das Outcome prognostiziert, wird kontrovers diskutiert. Dem GCS bei Aufnahme im Schockraum sollte zur SHT-Graduierung und hinsichtlich des Outcomes jedenfalls höhere Bedeutung beigemessen werden als dem präklinisch erhobenen [2, 4].

Nach initialer Stabilisierung und Bildgebung erfolgt die neurochirurgische Evaluation hinsichtlich einer erforderlichen operativen Intervention. Dies betrifft in den meisten Fällen die Anlage einer ICP-Sonde oder einer externen Ventrikel-drainage (EVD), seltener ist eine Kraniotomie zur Sanierung einer intrakraniellen Pathologie erforderlich.

Im Donauspital wurden im Zeitraum von Jänner 1995 bis Dezember 2018 insgesamt 7581 Kinder und Jugendliche intensivmedizinisch behandelt, davon wurden 318 Patienten mit SHT neurochirurgisch betreut. In dieser Summe nicht eingeschlossen sind alle neurochirurgisch betreuten Neonaten sowie Kinder mit operativen Interventionen aufgrund von Epilepsie, Tumoren, Infektionen, Insult oder nach Reanimation. Im traumatischen Kollektiv wurden 214 ICP-Sonden und 100 EVDs angelegt sowie 57 Eingriffe mit Kraniotomien zur Blutungsentleerung und dekompressive Kraniektomien durchgeführt (Abb. 1).

In weiterer Folge werden die Patienten auf der Kinderintensivstation (PICU) betreut, das Hauptaugenmerk der intensivmedizinischen Therapiemaßnahmen liegt auf der Vermeidung sekundärer Schäden durch erhöhten ICP. Die Folgen unkontrollierter pathologischer ICP-Werte im Hinblick auf Mortali-

Eingelangt am 18.02.2019, angenommen nach Review am 01.03.2019
Aus der ¹Neurochirurgischen Abteilung und der ²Kinderintensivstation, Donauspital SMZ-Ost, Wien

Korrespondenzadresse: Dr. Tobias Rossmann, Neurochirurgische Abteilung, Donauspital SMZ-Ost, A-1220 Wien, Langobardenstraße 122, E-mail: tobias.rossmann@wienkav.at

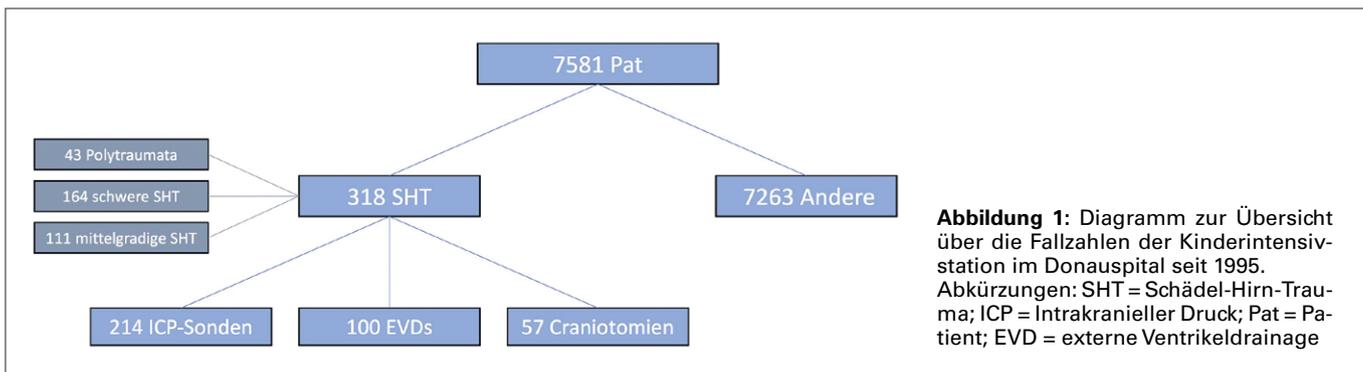


Abbildung 1: Diagramm zur Übersicht über die Fallzahlen der Kinderintensivstation im Donauspital seit 1995. Abkürzungen: SHT = Schädel-Hirn-Trauma; ICP = Intrakranieller Druck; Pat = Patient; EVD = externe Ventrikeldrainage

tät und Outcome sind in der Literatur klar dokumentiert [5]. Für eine adäquate Kontrolle des Therapieeffekts erscheint die Implantation eines Device zur Druckmessung unumgänglich, der wissenschaftliche Nachweis einer signifikanten positiven Beeinflussung des Outcomes durch diese Intervention ist allerdings noch nicht erbracht [6].

Laut den rezent aktualisierten Guidelines der Brain Trauma Foundation [7] gilt bei Erwachsenen ein ICP von 22 mmHg als Indikation zur hirndrucksenkenden Therapie, für pädiatrische Patienten wurde 2012 [8] ein Grenzwert von 20 mmHg empfohlen. Im Vergleich zu Erwachsenen steht man bei Kindern und Jugendlichen naturgemäß einem wesentlich inhomogeneren Patientenkollektiv gegenüber – ein Umstand, dem bei der Festlegung von Absolutwerten als Therapieindikator wohl Rechnung getragen werden sollte. In den letzten Guidelines zum Management des schweren SHT bei Kindern und Jugendlichen [8] findet sich bereits eine prospektive Studie [9] mit abgestuften ICP-Grenzwerten nach Alterskategorien, wenngleich dieser Effekt nicht statistisch evaluiert wurde. Die Resultate aktueller Arbeiten zu dieser Fragestellung unterstreichen die Relevanz altersabhängiger Grenzwerte für ICP, zerebralen Perfusionsdruck (CPP) und Pressure Reactivity Index (als Surrogat für eine intakte zerebrovaskuläre Autoregulation) [10, 11]. Neben der Messung des ICP, CPP und bildgebenden Verfahren erfolgt das weitere Therapiemonitoring mittels regionaler zerebraler Sauerstoffsättigung (rSO₂) erhoben via Near Infrared Spectroscopy (NIRS), dem neurologischen Pupillenindex (Neurological Pupil Index, NPI) sowie der transkranialen Duplexsonographie (TCD). Letztere erlaubt vor allem in den ersten Tagen nach dem Trauma gute Rückschlüsse auf die zerebrale Autoregulation.

■ Hirndrucktherapie

Therapeutisch steht eine breite Palette von etablierten Therapiemethoden zur Verfügung, um pathologische ICP-Werte zu behandeln. Die therapeutischen Interventionen orientieren sich in der Regel an den Guidelines der Brain Trauma Foundation, welche erstmals 2003 [12] und in überarbeiteter Version 2012 [8] publiziert wurden. Für beide Versionen

konnte später gezeigt werden, dass eine Behandlung im Einklang mit diesen evidenzbasierten Empfehlungen mit einem signifikant besseren Outcome verknüpft ist [13, 14].

Basierend auf diesen Guidelines und rezenter Evidenz zeigt Abbildung 2 das aktuell im Donauspital angewandte Stufenschema zur Hirndrucktherapie, unabhängig von einer gegebenenfalls vorangegangenen neurochirurgischen Intervention. Dieses standardisierte Behandlungskonzept zur schrittweisen Eskalation der Therapie bei pathologischen ICP-Werten kann in begründeten Fällen individuell adaptiert werden, die hierarchische Reihung der einzelnen Maßnahmen ist anhand rezenter Evidenz zu diskutieren. Eine umfassende Abhandlung der aktuellen Datenlage jeder einzelnen Therapiemöglichkeit zur ICP-Senkung würde den Rahmen dieses Artikels deutlich überschreiten, weshalb in weiterer Folge nur auf einzelne wesentliche Entwicklungen seit der Publikation der letzten Guidelines eingegangen werden soll.

Ernährung

In den Empfehlungen zur Ernährung und Blutzuckerkontrolle in den Guidelines von 2012 [8] findet sich lediglich eine

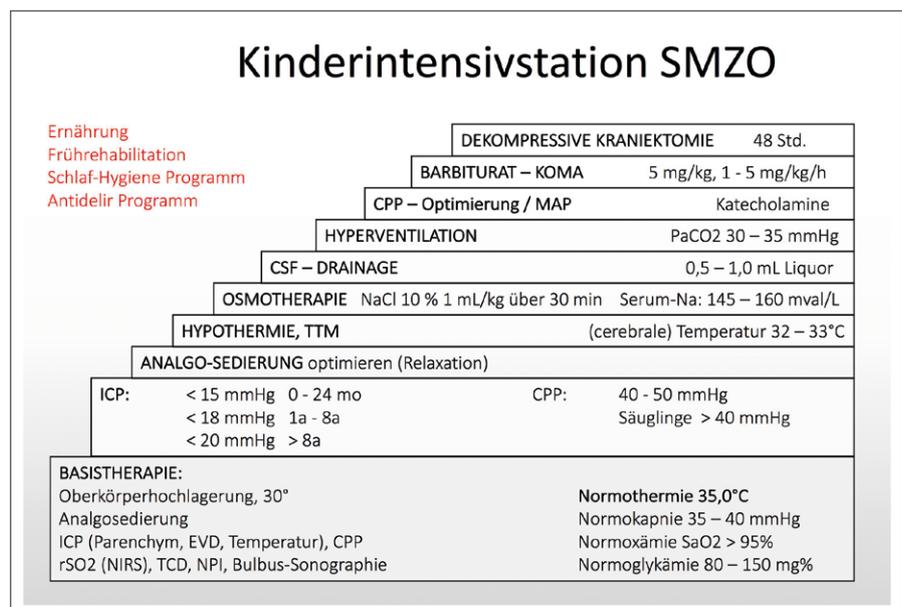


Abbildung 2: Aktuelles Stufenschema zur Hirndrucktherapie im Donauspital zur schrittweisen Eskalation der Therapie bei pathologischen ICP-Werten. Abkürzungen: ICP = Hirndruck (gemessen via Parenchymsonde oder EVD = externe Ventrikeldrainage); CPP = Zerebraler Perfusionsdruck, MAP = Mittlerer arterieller Blutdruck, CSF = Liquor; TTM = targeted temperature management; rSO₂ = regional cerebral oxygen saturation, gemessen via NIRS = near infrared spectroscopy; TCD = transkraniale Duplexsonographie; NPI = neurological pupil index;

Level-II-Empfehlung, in welcher eine immunmodulierende Diät nicht empfohlen wird; andere Maßnahmen zur Kontrolle des Blutzuckers waren der persönlichen Einschätzung des behandelnden Arztes überlassen. Hier existiert nun bereits eine robustere Datenlage. Eine retrospektive Multicenter-Studie zeigte ein schlechteres funktionelles Outcome bei Beginn der Ernährung mehr als 48 Stunden nach PICU-Aufnahme. Der Effekt zeigte sich nicht in der Subgruppe nach schwerem SHT, wobei in dieser Gruppe 60 % der Patienten einen initialen GCS von 3 aufwiesen [15]. Ein signifikant positiver Einfluss auf Mortalität und Outcome nach SHT konnte in anderen Studien durch eine binnen 72 Stunden initiierte Ernährung erzielt werden [16, 17].

Die aktuellen Empfehlungen für die Ernährung erwachsener Patienten nach SHT sehen derzeit den Ersatz des basalen Energieverbrauch bis zum fünften Tag und die vollständige transgastrale jejunale Ernährung bis zum siebenten Tag nach Trauma vor [7]. Die frühe enterale Ernährung beim kindlichen SHT stellt eine sichere therapeutische Maßnahme dar, selbst wenn abdominelle Begleitverletzungen im Rahmen des Traumas erlitten wurden [15, 16].

Hypothermie

Die Anwendung moderater (32–33 °C) therapeutischer Hypothermie (Targeted Temperature Management, TTM) sollte laut Leitlinien 2012 [8] zur ICP-Senkung in Erwägung gezogen werden. Ein Beginn sollte idealerweise binnen 8 Stunden erfolgen und auf die Dauer von 48 Stunden beschränkt sein, von einer Anwendung für lediglich 24 Stunden oder einem Rewarming von > 0,5 °C pro Stunde wurde abgeraten. Letzterer Aspekt beruht vorrangig auf den Ergebnissen einer randomisierten Studie von Hutchinson [18] mit prophylaktischer Hypothermie unabhängig vom ICP und anschließendem raschem Rewarming, resultierend in nahezu signifikant schlechterem funktionellem Outcome und erhöhter Mortalität. Eine anschließend durchgeführte Post-hoc-Analyse führte dies auf vermehrte Phasen von Hypotension und inadäquatem CPP zurück [19].

Beca et al. [20] erfassten eine nicht signifikante Tendenz zu Hypotension und niedrigem CPP in der Hypothermie-Gruppe, ohne jedoch Unterschiede im Outcome feststellen zu können. Bei nur 14 % der Patienten resultierte ein schlechtes Outcome, die Komplikationsrate war zwischen den Gruppen insbesondere hinsichtlich Infektionen, Arrhythmien und Blutungen gleich. Es wurde suspiziert, ob der in wenigen Studien gezeigte Vorteil durch die Hypothermie auf die Vermeidung von Fieber zurückzuführen sei, welches immerhin bei 1/3 der Patienten im Normthermie-Arm auftrat.

Obgleich der vorzeitige Studienabbruch (futility) des Cool Kids Trial [21] bereits bekannt geworden war, fand diese Studie in den letzten Guidelines noch keine Beachtung. Im Vergleich zur Studie von Hutchinson [18] wurde hier für 48–72 Stunden gekühlt und das Rewarming (maximal 0,5–1,0 °C in 12–24 Stunden) wesentlich langsamer durchgeführt. Nach 77 von geplanten 340 Patienten wurde die Studie vorzeitig beendet, da kein signifikanter Unterschied in Mortalität oder funktionellem Outcome erzielt werden konnte. Systemische Blutdruckwerte, Laborparameter, Behandlungsintensität und die Komplikationsrate blieben ebenfalls ohne Unterschied. Ein schlechtes Outcome resultierte in je der Hälfte der Patienten in beiden Studienarmen, einziger wesentlicher Unterschied war die signifikant höhere Rate an dekompressiven Kraniektomien in der normothermen Gruppe.

In Summe bietet die Hypothermie eine wohl weitgehend sichere Intervention zur Therapie pathologischer ICP-Werte. Einzelne Studienergebnisse [22] und darauf begründete Sicherheitsbedenken dürfen trotzdem nicht außer Acht gelassen werden. Basierend auf der aktuellen Datenlage findet sich kein signifikanter Vorteil für das Outcome in pädiatrischen Patienten. Angesichts niedriger Randomisierungsraten in den oben genannten pädiatrischen Studien und der Erfordernis, tausende Patienten in die Studien einzuschließen, um einen signifikanten Unterschied zu zeigen, scheint der Nachweis nur schwer möglich [20]. In Anbetracht der viel versprechenden Daten zum neuroprotektiven Effekt der Hypothermie aus ex-

Kasuistik (Abb. 3 bis 6)

Unfallhergang und Erstversorgung

Ein vier Jahre alter Knabe ist bei landwirtschaftlichen Arbeiten am elterlichen Bauernhof anwesend, als ein defekter Traktor abgeschleppt werden soll. Dabei reißt die verwendete Stahlkette und trifft das Kind am Kopf. Vor Ort erfolgt die Intubation durch den Notarzt, das Kind wird mit dem Hubschrauber an unser Klinikum transportiert. Die akut durchgeführte Bildgebung zeigt eine penetrierende Schädelfraktur links frontal mit daran anschließender intrazerebraler Blutung.

Es erfolgt umgehend die operative Sanierung mit Entfernung der Knochenfragmente und Versorgung der Blutung sowie Duraplastik und Anlage einer ICP-Sonde. Im Anschluss wird das Kind auf die Kinderintensivstation übernommen.



Abbildung 3: Intraoperative Fotografie der frontalen Wunde



Abbildung 4: Nativ-CCT bei Aufnahme im Donaushpital

perimentellen Studien [23] wäre es wünschenswert, Patientenkollektive definieren zu können, welche von dieser Therapiemodalität profitieren.

Dekompressive Kraniektomie

Als *ultima ratio* bei therapierefraktärem pathologischem ICP stellt die dekompressive Kraniektomie (DC) eine effektive Option dar. Kochanek [8] empfiehlt (Evidenz Level III) die Durchführung der DC bei Zeichen neurologischer Verschlechterung, Hinweisen auf Herniation oder therapierefraktärem ICP früh im Therapieverlauf. Eine Aussage über den Benefit hinsichtlich des Outcomes kann aber aufgrund ausgeprägter Unterschiede zwischen den eingeschlossenen Studien nicht sicher gegeben werden, zu heterogen sind OP-Techniken, Indikationsstellung, Therapieschemata und Patientencharakteristika. Die Datenlage zu dieser Fragestellung spezifisch für pädiatrische Patienten ist dünn, als wesentlicher Meilenstein ist das RESCUEicp Trial anzusehen, mit 408 Patienten von 10–65 Lebensjahren [24]. Nach Ausschöpfung aller Therapiemaßnahmen zur ICP-Senkung wurden Patienten randomisiert einer Fortführung der konservativen Therapie oder der DC zugeteilt. Die Mortalität konnte durch die DC gesenkt werden, allerdings mit resultierender höherer Rate an „vegetative state“ und Überlebenden mit ausgeprägten funktionellen Einschränkungen. Die Rate an Patienten mit nur geringer Einschränkung bzw. gutem funktionellem Outcome war etwa gleich häufig in beiden Gruppen. Immerhin zeigte sich in der Analyse nach 12 Monaten, dass pro 100 operierten Patienten 22 zusätzliche Überlebende resultieren, 13 davon waren zumindest in der Lage, unabhängig zuhause zu leben. Eine rezente retrospektive Studie [25] pädiatrischer Patienten zeigte ein besseres Outcome nach DC bei gleicher Rate an Überlebenden.

Die erfolgreiche Senkung des ICP durch die DC ist in der Literatur unumstritten, prospektiv randomisierte Studien in rein pädiatrischen Kollektiven sind allerdings noch ausstehend.

Supportive Maßnahmen

Ergänzend zur oben genannten Therapie wird an der PICU des Donauspitals besonderes Augenmerk auf supportive Maßnahmen hinsichtlich adäquater Ernährung und Frührehabilitation sowie das intern entwickelte Schlaf-Hygiene- und Antidelir-Programm gelegt, um eine rasche weitere Rehabilitation im Rahmen der Normalstation und eines Anschlussheilverfahrens zu gewährleisten.

Die Inzidenz des Delirs unter pädiatrischen Patienten in intensivmedizinischer Betreuung wird mit rund 25 % angegeben [26]. Ursachen hierfür sind unter anderem neurologische Diagnosen inklusive SHT, mechanische Ventilation, die Anwendung von Sedativa beziehungsweise das Absetzen zuvor verwendeter psychoaktiver Substanzen (insbesondere Opiate und Benzodiazepine), Schlafdeprivation, metabolische Entgleisungen und der Schweregrad der vorliegenden Erkrankung [26, 27].

Eine internationale Erhebung zeigt, dass ein routinemäßiges Screening von PICU-Patienten auf das Vorliegen eines Delirs nur in wenigen Zentren implementiert ist [28] und das Zustandsbild somit oft unbemerkt bleibt. Das Vorliegen der Diagnose ist jedoch mit erhöhter Mortalität und schlechterem kognitiven Outcome assoziiert und erfordert daher ein aktives therapeutisches Vorgehen. Die reduzierte Anwendung sedierender Medikation, frühe Mobilisierung, Reduktion externer Reize und kognitive Stimulation verbessern das Outcome der Patienten. Kurz wirksame Sedativa sind zu bevorzugen und die Anwendung von Haloperidol, Risperidon und niedrigdosierter Ketamine im Rahmen der PICU ist in Erwägung zu ziehen [27].

Im Rahmen des Anti-Delir-Programms der Kinderintensivstation wird der beschriebenen Evidenz Rechnung getragen, Teil der Maßnahmen ist auch ein eigenes Schlaf-Hygiene-Programm. Das frühestmögliche Erreichen eines physiologischen zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmus wird mittels suffizienter Analgesie, Reduktion von Lärm und Lichtpegel und einem „Clustering“ ärztlicher, pflegerischer und therapeutischer Maßnahmen gefördert. Stimuli für den Patienten sind so auf

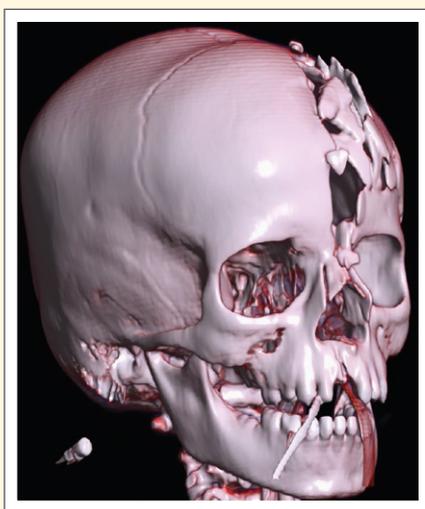


Abbildung 5: 3D-Rekonstruktion des Nativ-CCT bei Aufnahme im Donauspital



Abbildung 6: Nativ-CCT bei Aufnahme im Donauspital

Tag 1: Beim initialen Trauma war es auch zu ausgedehnten Verletzungen am Gesichtsschädel gekommen, mit Fraktur von Siebbein, Nasenwurzel und begleitender Rhinoliqorrhoe sowie Spaltbildung am harten Gaumen. Die Liquorrhoe sistierte spontan im Anschluss an den primären Eingriff. Ophthalmologische und HNO-ärztliche Abklärung bleiben ohne Hinweise auf relevante Pathologien. Postoperativ wird das Kind an der PICU übernommen, tief analgosediert und eine moderate Hypothermie bei 33 °C initiiert. Osmotisch wirksame Therapeutika sind vorerst nicht erforderlich.

Tag 1–10: Das Maximum der ICP-Instabilität tritt gemäß unseren Erfahrungen etwa an den Tagen 7–10 nach Trauma auf, in diesem Fall blieb der ICP-Verlauf stabil. Die Kühlung erfolgt mittels „surface cooling“, hier zirkuliert kaltes Wasser in aufgelegten Pads, das System ist als „closed loop“ angelegt. Die Temperaturmessung erfolgt vorzugsweise

geplante Zeitspannen zusammengezogen, wodurch Phasen mit starken und gänzlich ohne externe Reize geschaffen werden können, letztere insbesondere nachts. Sedierende Pharmaka werden möglichst vollständig reduziert, weitere Dosisreduktionen können durch Komedikation mit Antipsychotika, Ketamin und Melatonin erzielt werden.

Eine wesentliche Komponente stellt auch die Schmerzfreiheit für die behandelten Kinder dar. Aus diesem Zweck werden permanente dünnlumige zentralvenöse Zugänge chirurgisch implantiert (z. B. Broviac- oder Hickman-Katheter), um die häufig erforderlichen und für Kinder mitunter traumatisierenden Venenpunktionen zu vermeiden. Später ist es auch möglich, die Patienten mit liegendem Katheter zwischenzeitlich in die häusliche Pflege zu entlassen. Auf dieser Basis wird an der PICU frühzeitig mit Mobilisierung und Rehabilitation begonnen.

Frührehabilitation

Abseits der (neuro-) chirurgischen und intensivmedizinischen Therapie des SHT ist eine Reihe weiterer Fachdisziplinen und Berufsgruppen im Therapiekonzept und insbesondere in der Frührehabilitation unersetzbar.

Durch die Physikalische Medizin erfolgt die erstmalige Einschätzung des Rehabilitationspotentials zur Planung zielgerichteter Physio- und Ergotherapie. Beispielsweise anhand der International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) [29] wird ein systematischer und altersangepasster Therapieplan generiert und eine spätere objektive Evaluation ermöglicht. Das Klassifikationssystem soll es ermöglichen, die gesundheitliche Einschränkung des Patienten nicht als isoliertes medizinisches Problem zu betrachten, sondern in multiplen Dimensionen zu analysieren. Die Fähigkeiten und Einschränkungen des Kindes werden in zahlreichen Domänen kategorisiert, beispielsweise eingeschränkte Körperfunktion physisch wie psychisch, Aktivitäten und Partizipation (z. B. Schulbesuch) im Alltag gemäß dem kindlichen Entwicklungsstand, unter Berücksichtigung von Persönlichkeits- und Umweltfaktoren [30].

Initial erfolgen nach Stabilisierung des Patienten und Normalisierung der ICP-Werte physiotherapeutische Maßnahmen, um sekundäre Komplikationen der Immobilisation, hauptsächlich Atrophie und Kontrakturen, zu verhindern. Wird die Sedierung reduziert und mit dem Weaning begonnen, kommt intensive Atemtherapie hinzu. Ist die Sedierung gänzlich beendet, erfolgt eine genaue Untersuchung auf Basis der Funktionsebene des ICF (vor allem Muskeltonus und Mobilität) und es beginnt die aktive Physiotherapie zur körperlichen Aktivierung und Muskeltonusregulierung, etwa durch Lagerung und basale motorische Förderung. Nach Evaluierung der ICF-Funktions- und Aktivitätsebene (kognitive Funktion, Feinmotorik, Mobilität, Kommunikation, Selbstversorgung etc.) beginnt die Ergotherapie, um anfangs mittels basaler Stimulation (Reize akustisch, olfaktorisch, visuell etc.) die Wahrnehmung des Patienten zu fördern und aktive Reaktionen zu erhalten, später erfolgt vor allem das Training der Feinmotorik.

Intensive Physiotherapie dient der Wiederherstellung der Mobilität, bei Bedarf erfolgt eine Versorgung mit Schienen, Rollstuhl oder weiteren Behelfen. Während die motorische Entwicklungsebene meist initial im Vordergrund steht, stellt die kognitive Entwicklungsebene für die langfristige Betreuung häufig die größere Herausforderung dar. Anhand des ICF wird das Rehabilitationspotential definiert, auf dessen Basis der langfristige Therapieplan erarbeitet und die möglichen Institutionen zur weiteren Betreuung bestimmt werden.

Große Bedeutung im Rahmen der Rehabilitation kommt auch der logopädischen Betreuung zu. Ein eingehendes Anamnesegespräch mit den Eltern muss klären, welche sprachlichen und sprachlich-kognitiven Fähigkeiten das Kind vor dem Trauma besaß und in welchem Stadium der Kindesentwicklung sich der Patient befindet. Hierauf baut die folgende Therapie auf, wobei das Therapieziel die Wiederherstellung des Zustandes vor dem Trauma darstellt. Am Beginn steht meist die orofaziale Therapie beispielsweise nach Castillo Morales [31], mit dem Ziel, den regelrechten Schluckvorgang wiederherzustellen. Dies wird in der Regel durch apparative Diagnostik unterstützt, wobei

anhand der zerebralen Temperatur, alternativ wird die Blasen- oder Rektaltemperatur herangezogen, rektale Temperatursonden werden nicht verwendet.

Tag 10: Basierend auf absolutem ICP-Wert, dem Verlauf des ICP, vorliegenden Infektwerten und dem Verlauf der mittels NIRS gemessenen Werte der zerebralen O₂-Sättigung (rSO₂), erfolgt die Entscheidung, mit dem Rewarming zu beginnen. Es erfolgt, ausgehend von 33 °C Körpertemperatur, die Erwärmung um 0,2°/h bis zur Zieltemperatur von 35,0 °C. Nun wird der Patient für 24h observiert, um mögliche Schwankungen in ICP-Absolutwerten oder ICP-Trend erkennen zu können. Verläuft diese Phase unauffällig, folgt weiteres Rewarming um 0,2/h, bis 36,5 °C erreicht sind.

Tag 11: Bei Stabilität der ICP-Werte wird nun mit passiven Bewegungsübungen durch die Physiotherapie begonnen, um Kontrakturen und Lagerungsschäden

vorzubeugen und den späteren Rehabilitationsfortschritt zu gewährleisten. Das Anti-Delir- und Schlaf-Hygiene-Programm wird begonnen und rasch bis zum vollen Umfang ausgebaut. Aufgrund des ausgeprägten Delirs wird eine oberflächliche Sedierung begleitend weitergeführt.

Tag 12: Eine endoskopische Begutachtung zeigt weiterhin pathologischen Liquorausstrom in die Nasennebenhöhlen. Die neurochirurgische operative Versorgung wird terminisiert.

Tag 14: Es erfolgt die weitere operative Sanierung der Gesichtsschädel-Frakturen durch die Kieferchirurgie, welche komplikationslos durchgeführt werden kann. In der gleichen Sitzung erfolgt die Sanierung der Rhinoliquorrhoe mittels Revisionseingriff. Über einen coronalen Hautschnitt kann ein großer Visierlappen angelegt werden. Rechts frontal wird ein gestielter Periostlap-

pen präpariert, mit dem die eröffnete Stirnhöhle und die ebenfalls eröffneten Ethmoidalzellen abgedeckt werden. Links frontal werden die Knochenränder begradigt und der primäre Duradefekt mittels bovinem Patch wasserdicht vernäht. Eine Lumbaldrainage wird angelegt, um die Entstehung einer weiteren Liquoristel hintanzuhalten.

Tag 18: Tracheotomie durch die Abteilung für Kinder- und Jugendchirurgie.

Tag 24: Unter bereits reduzierter Sedierung wird durch die Physiotherapie mit Atemtherapie-Übungen begonnen, um adäquates Mobilisieren und Abhusten von etwagem Sekret zu fördern.

Tag 26: Die Wundverhältnisse sind weiterhin zufriedenstellend, die Lumbaldrainage kann entfernt werden. Zuvor war das Ablaufsystem über die letzte Woche in Relation zum Patienten jeweils täglich um einige Zentimeter höher positioniert worden,

vorzugsweise eine Videokinematographie, alternativ auch ein endoskopischer Schluckversuch, zur Abklärung einer möglichen Aspiration zum Einsatz kommt. Weiterführend erfolgen Sprach- und Artikulationstraining. Sind Schlucken und die Lautbildung adäquat, können bei älteren Kindern durch gezielte Maßnahmen das Sprach- und Leseverständnis, die Grammatik und die Satzbildung entsprechend gefördert werden.

Chronische traumatische Enzephalopathie

Als Folge von SHT war zuletzt die Entität der chronischen traumatischen Enzephalopathie (CTE) zunehmend Gegenstand umfassender Forschung. Die pathophysiologischen Mechanismen der CTE und insbesondere die Korrelation von kognitiven und motorischen Defiziten mit fassbarer Neurodegeneration sind bisher nur ungenügend geklärt [32]. Auch wenn repetitive Traumata als Haupttrigger angesehen werden, kann bereits ein singuläres Trauma zu einer chronischen niedriggradigen Inflammationsreaktion führen, welche einerseits nach einer Latenzperiode zur Ablagerung fehlgefalteter Proteine mit konsekutiver Neurodegeneration führt und andererseits eine erhöhte Suszeptibilität für Schäden durch weitere Traumata bedingt [33].

Während sich die Hauptzahl der Studien auf Erwachsene bezieht, konnte eine Neurodegeneration auch mit kindlichen Traumata bereits in Verbindung gebracht werden [34]. Zwar wurden erstmals Kriterien zur pathologischen Diagnostik der CTE veröffentlicht, langfristige Daten zur genaueren Definition eines klinisch fassbaren Syndroms liegen aber bislang nicht vor. Basierend auf der persönlichen kognitiven Reserve der einzelnen Patienten dürften starke interindividuelle Unterschiede in der Ausprägung der Symptome bestehen [35]. Um kognitive Defizite zu einem frühen Zeitpunkt erkennen und in weiterer Folge beeinflussen zu können, ist es sinnvoll, eine neuropsychologische Testung durchzuführen. Dies ist obligat, wenn das behandelnde Personal Defizite bemerkt, beziehungsweise wenn anhand des zerebralen Schädigungsmusters von Defiziten ausgegangen werden muss. In jedem Fall muss die Wirkung sedierender Medikamente oder eine eventuell bestehende Entzugs-

symptomatik nach längerer Sedierung vollständig abgeklungen sein, um eine zielführende Diagnostik durchzuführen.

Mitunter kann es auch sinnvoll sein, Kinder, bei denen augenscheinlich keine Defizite erkennbar sind, zuerst im gewohnten häuslichen Umfeld wieder eingewöhnen zu lassen und dann zu testen, um aussagekräftige Verhaltensbeobachtung durch das Umfeld zu erhalten. Eine Testung zu Beginn der Rehabilitation erlaubt die spätere Erfolgskontrolle rehabilitativer Maßnahmen. Die Evaluation stützt sich einerseits auf ein Anamnese-gespräch mit den Eltern, um den Entwicklungsstand vor dem SHT und etwaige posttraumatische Veränderung zu erheben. Auch die Eindrücke von Kindergartenpädagogen und Lehrern können Erkenntnisse bringen, da oft erst beim Eintritt in die Schule Teilleistungsschwächen auffallen. Durch den Neuropsychologen erfolgt schließlich die Testung des Kindes, beispielsweise mittels der KABC II (Kaufman Assessment Battery for Children – Second Edition; Alan S. Kaufman, Nadeen L. Kaufman; 2015) ab einem Alter von drei Jahren oder mittels BAYLEY-III (Bayley Scales of Infant and Toddler Development – Third Edition; N. Bayley; 2014, Deutsche Version von Gitta Reuner, Joachim Rosenkranz) für jüngere Patienten. Basierend auf diesen breit gefächerten Testverfahren folgen gezielte, alters- und entwicklungspezifische Untersuchungen zur Abklärung einzelner Defizite. Das weitere Follow-up erfolgt in der Regel nach Absolvierung eines Rehabilitations-Verfahrens, sonst meist ein Jahr nach der erstmaligen Testung und weiterführend nach ggf. verordneten neuropsychologischen Trainings um den gewünschten Effekt zu evaluieren.

■ Langzeitprognose

Daten zur Langzeitprognose neuropsychologischer Funktion nach SHT im Kindesalter lieferten bisher inhomogene Resultate aufgrund methodischer Schwächen. Es wird vermutet, dass 40–70 % der Kinder nach schwerem SHT wieder in der Lage sind, reguläre Bildungseinrichtungen zu besuchen [36]. Als positive prognostische Faktoren gelten ein höherer GCS bei Aufnahme, eine kürzere Sedierungs-Dauer, das Ausmaß der stationären Re-

um die Fördermengen zu reduzieren und den Patienten von der Drainage zu entwöhnen. Auch die bereits zuvor reduzierte Sedierung wird nun vollständig beendet, um die weitere Rehabilitation zu ermöglichen.

Ab Tag 28: Intensiver Beginn mit der Frührehabilitation unter konsequenter Physiotherapie, Ergotherapie und Betreuung durch die Logopädie. Initial ist dies aufgrund eines ausgeprägten hirnrorganischen Psychosyndroms nur beschränkt möglich, die konsequente Anwendung der Anti-Delir-Maßnahmen zeigt aber erfreulicherweise rasche Wirkung.

Tag 29: Passive Bewegungsübungen werden bereits schrittweise durch aktive Bewegungsaufgaben ersetzt, um täglich neue Reize für den Patienten zu setzen. Logopädisch erfolgen ausgiebiges Schlucktraining sowie koordinative Schulung der Mundmotorik und Okulomotorik.

Durch Physiotherapie und Ergotherapie erfolgen gezielte Übungen zur besseren Körperwahrnehmung, Feinmotorik-Übungen, spielerisches Training der ADL (activities of daily living).

Tag 35: Der Patient ist bereits in der Lage, Teile des Körpergewichts selbst zu tragen. Repetitive Transfers von Rückenlage über Querbett-Sitzen zur Turnmatte ermüden den Patienten deutlich. Bis zur Verlegung auf die Normalstation wird der Patient bereits nahezu selbständig mobil sein.

Tag 43: Anpassung eines Helmes durch den Bandagisten, um das Kind bis zum Verschluss des Kalottendefekts vor weiteren Traumata zu schützen und eine ungehinderte Rehabilitation sicherzustellen.

Tag 49: Die Trachealkanüle kann entfernt werden, die Weiterbetreuung auf der Normalstation wird vereinbart.

Tag 50: Verlegung auf die kinderchirurgische Normalstation. Neben der Weiterführung der oben genannten Maßnahmen zur Rekonditionierung erfolgen mehrere Begutachtungen durch die Neuropädiatrische Ambulanz der Abteilung für Kinder- und Jugendheilkunde. Exploration und evaluierte Testverfahren (KABC-II, FEW-2, KET-KID etc.) erlauben eine umfangreiche Entwicklungsdiagnostik und weiterführende Maßnahmen.

5 Monate: Elektiv erfolgt der Verschluss des knöchernen Defekts frontal. Basierend auf einem aktuellen CT wird aus PMMA (Polymethylmethacrylat) ein individuell angepasstes Implantat industriell gefertigt und anschließend eingesetzt.

Die weiteren postoperativen Kontrollen zeigen einen zufriedenstellenden Verlauf, das Kind kann in vollem Umfang die Schule besuchen. Die Wunden sind bland verheilt, neurokognitive Defizite bestehen nicht.

habilitationsmaßnahmen und höhere intellektuelle Leistungsfähigkeit bei Entlassung bzw. vor dem Trauma [36, 37].

Eine Studie [37] über die Dauer von zehn Jahren zeigte einen Arrest der kognitiven Entwicklung für rund zweieinhalb Jahre posttraumatisch und permanente intellektuelle Einbußen nach schwerem SHT. Das Konzept der neuronalen Plastizität als Potential für Kinder zur besseren Rehabilitation ist anhand dieser und weiterer Studien kritisch zu hinterfragen [37, 38]. Andererseits konnten kognitive Fortschritte noch Jahre nach einem SHT gemessen werden, womit die Hoffnung besteht, durch konsequente Rehabilitationsmaßnahmen im späteren

Verlauf Verbesserungen erzielen zu können [37]. Defizitäre neuropsychologische Entwicklungen bergen das Risiko für spätere soziale, berufliche und ökonomische Nachteile.

■ Interessenkonflikt / Danksagung

Keine Interessenkonflikte.

Mit besonderem Dank der Autoren an Frau Dr. Alacamlioglu (Institut f. Physikalische Medizin und Rehabilitation), Frau Mag. Lindner (Logopädie / HNO-Abteilung) und Frau Mag. Naderer (Neuropsychologie / Abt. f. Kinderheilkunde) für die Bereitschaft zum Einblick in ihren Tätigkeitsbereich.

Dr. Tobias Rossmann



Ab 2009 Studium an der Medizinischen Universität Wien mit mehrmonatigen Auslandsaufenthalten in Deutschland, Südafrika und Thailand. Promotion 2015 und anschließend Facharztausbildung an der Neurochirurgischen Abteilung des Donaospitals. Berufsbegleitendes PhD-Studium an der Medizinischen Universität Wien.

■ Relevanz für die Praxis

Das Management des Schädel-Hirn-Traumas bei Kindern erfordert ein interdisziplinäres Vorgehen, um – wenn nötig – eine rasche neurochirurgische Intervention und intensivmedizinische Stabilisierung der Patienten zu erreichen. Darüber hinaus müssen bereits frühzeitig umfassende Maßnahmen ergriffen werden, um für das sich entwickelnde Kind eine vollständige Rehabilitation zu ermöglichen.

Literatur:

- Schneider AJ, Shields BJ, Hostetler SG, Xiang H, Smith GA. Incidence of pediatric traumatic brain injury and associated hospital resource utilization in the United States. *Pediatrics* 2006; 118: 483–92.
- Marcin JP, Pollack MM. Triage scoring systems, severity of illness measures, and mortality prediction models in pediatric trauma. *Crit Care Med* 2002; 30 (Suppl): S457–67.
- Kuppermann N, Holmes JF, Dayan PS, Hoyle JD, Atabaki SM, Holubkov R et al. Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma: a prospective cohort study. *Lancet* 2009; 374: 1160–70.
- Borgialli DA, Mahajan P, Hoyle JD, Powell EC, Nadel FM, Tunik MG et al. Performance of the Pediatric Glasgow Coma Scale Score in the evaluation of children with blunt head trauma. *Acad Emerg Med* 2016; 23: 878–84.
- Jagannathan J, Okonkwo DO, Yeoh HK, Dumont AS, Saule D, Haizlip J et al. Long-term outcomes and prognostic factors in pediatric patients with severe traumatic brain injury and elevated intracranial pressure. *J Neurosurg Pediatr* 2008; 2: 240–9.
- Bennett TD, DeWitt PE, Greene TH, Srivastava R, Riva-Cambrin J, Nance ML et al. Functional Outcome After Intracranial Pressure Monitoring for Children With Severe Traumatic Brain Injury. *JAMA Pediatr* 2017; 171: 965–71.
- Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GWJ, Bell MJ et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery* 2017; 80: 6–15.
- Kochanek PM, Carney N, Adelson PD, Ashwal S, Bell MJ, Bratton S et al. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents – second edition. *Pediatr Crit Care Med* 2012; 13 (Suppl 1): S1–82.
- Adelson PD, Ragheb J, Kanev P, Brockmeyer D, Beers SR, Brown SD et al. Phase II clinical trial of moderate hypothermia after severe traumatic brain injury in children. *Neurosurgery* 2005; 56: 740–54.
- Lewis PM, Czosnyka M, Carter BG, Rosenfeld JV, Paul E, Singhal N et al. Cerebrovascular pressure reactivity in children with traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med* 2015; 16: 739–49.
- Allen BB, Chiu Y-L, Gerber LM, Ghajar J, Greenfield JP. Age-specific cerebral perfusion pressure thresholds and survival in children and adolescents with severe traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med* 2014; 15: 62–70.
- Carney NA, Chesnut R, Kochanek PM, American Association for Surgery of Trauma, Child Neurology Society, International Society for Pediatric Neurosurgery et al. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. *Pediatr Crit Care Med* 2003; 4 (Suppl): S1.
- Pineda JA, Leonard JR, Mazotas IG, Noetzel M, Limbrick DD, Keller MS et al. Effect of implementation of a paediatric neurocritical care programme on outcomes after severe traumatic brain injury: a retrospective cohort study. *Lancet Neurol* 2013; 12: 45–52.
- O'Lynnner TM, Shannon CN, Le TM, Greeno A, Chung D, Lamb FS et al. Standardizing ICU management of pediatric traumatic brain injury is associated with improved outcomes at discharge. *J Neurosurg Pediatr* 2016; 17: 19–26.
- Balakrishnan B, Flynn-O'Brien KT, Simpson PM, Dasgupta M, Hanson SJ. enteral nutrition initiation in children admitted to pediatric intensive care units after traumatic brain injury. *Neurocrit Care* 2019; 30: 193–200.
- Vavilala MS, Kernic MA, Wang J, Kannan N, Mink RB, Wainwright MS et al. Acute care clinical indicators associated with discharge outcomes in children with severe traumatic brain injury. *Crit Care Med* 2014; 42: 2258–66.
- Meinert E, Bell MJ, Buttram S, Kochanek PM, Balasubramani GK, Wisniewski SR et al. Initiating nutritional support before 72 hours is associated with favorable outcome after severe traumatic brain injury in children: a secondary analysis of a randomized, controlled trial of therapeutic hypothermia. *Pediatr Crit Care Med* 2018; 19: 345–52.
- Hutchinson JS, Ward RE, Lacroix J, Hébert PC, Barnes MA, Bohn DJ et al. Hypothermia therapy after traumatic brain injury in children. *N Engl J Med* 2008; 358: 2447–56.
- Hutchinson JS, Frndova H, Lo T-YM, Guerguerian A-M, Hypothermia Pediatric Head Injury Trial Investigators, Canadian Critical Care Trials Group. Impact of hypotension and low cerebral perfusion pressure on outcomes in children treated with hypothermia therapy following severe traumatic brain injury: a post hoc analysis of the Hypothermia Pediatric Head Injury Trial. *Dev Neurosci* 2010; 32: 406–12.
- Beca J, McSharry B, Erickson S, Yung M, Schibler A, Slater A et al. Hypothermia for traumatic brain injury in children—a phase II randomized controlled trial. *Crit Care Med* 2015; 43: 1458–66.
- Adelson PD, Wisniewski SR, Beca J, Brown SD, Bell M, Muizelaar JP et al. Comparison of hypothermia and normothermia after severe traumatic brain injury in children (Cool Kids): a phase-3 randomized controlled trial. *Lancet Neurol* 2013; 12: 546–53.
- Andrews PJD, Sinclair HL, Rodriguez A, Harris BA, Battison CG, Rhodes KJK et al. Hypothermia for intracranial hypertension after traumatic brain injury. *N Engl J Med* 2015; 373: 2403–12.
- Dietrich WD, Bramlett HM. Therapeutic hypothermia and targeted temperature management for traumatic brain injury: Experimental and clinical experience. *Brain Circ* 2017; 3: 186–98.
- Hutchinson PJ, Koliass AG, Timofeev IS, Corteen EA, Czosnyka M, Timothy J et al. Trial of decompressive craniectomy for traumatic intracranial hypertension. *N Engl J Med* 2016; 375: 1119–30.
- Mhanna MJ, Mallah WE, Verrees M, Shah R, Super DM. Outcome of children with severe traumatic brain injury who are treated with decompressive craniectomy. *J Neurosurg Pediatr* 2015; 16: 508–14.
- Traube C, Silver G, Reeder RW, Doyle H, Hegel E, Wolfe HA et al. Delirium in critically ill children: an international point prevalence study. *Crit Care Med* 2017; 45: 584–90.
- Reade MC, Finfer S. Sedation and delirium in the intensive care unit. *N Engl J Med* 2014; 370: 444–54.
- Staveski SL, Pickler RH, Lin L, Shaw RJ, Meinen-Derr J, Redington A et al. Management of pediatric delirium in pediatric cardiac intensive care patients: an international survey of current practices. *Pediatr Crit Care Med* 2018; 19: 538–43.
- WHO International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). WHO. [zitiert 12. Februar 2019]. Verfügbar unter: <http://www.who.int/classifications/icf/en/>
- Vargus-Adams JN, Majnemer A. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) as a framework for change: revolutionizing rehabilitation. *J Child Neurol* 2014; 29: 1030–5.
- Limbrock GJ, Hesse A, Hoyer H. [Castillo-Morales orofacial regulation therapy method in children with brain lesions]. *Fortschr Kieferorthop* 1987; 48: 335–9.
- Perrine K, Helcer J, Tsiouris AJ, Pisapia DJ, Stieg P. The current status of research on chronic traumatic encephalopathy. *World Neurosurg* 2017; 102: 533–44.
- Makinde HM, Just TB, Cuda CM, Perlman H, Schwulst SJ. The role of microglia in the etiology and evolution of chronic traumatic encephalopathy. *Shock* 2017; 48: 276–83.
- Keightley ML, Sinopoli KJ, Davis KD, Mikulis DJ, Wennberg R, Tartaglia MC et al. Is there evidence for neurodegenerative change following traumatic brain injury in children and youth? A scoping review. *Front Hum Neurosci* 2014; 8: 139.
- Asken BM, Sullan MJ, DeKosky ST, Jaffee MS, Bauer RM. Research Gaps and Controversies in Chronic Traumatic Encephalopathy: A Review. *JAMA Neurol* 2017; 74: 1255–62.
- Shaklai S, Peretz R, Spasser R, Simantov M, Groswasser Z. Long-term functional outcome after moderate-to-severe paediatric traumatic brain injury. *Brain Inj* 2014; 28: 915–21.
- Anderson V, Godfrey C, Rosenfeld JV, Catroppa C. Predictors of cognitive function and recovery 10 years after traumatic brain injury in young children. *Pediatrics* 2012; 129: e254–261.
- Gordon AL, di Maggio A. Rehabilitation for children after acquired brain injury: current and emerging approaches. *Pediatr Neurol* 2012; 46: 339–44.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)