

# Das polytraumatisierte Kind

■ Mustafa Citak, Gert Muhr, Thomas Kälicke

## Zusammenfassung

Trotz modernster medizinischer Systeme und pädiatrischer Traumazentren bleiben Unfälle die häufigste Todesursache bei Kindern und stellen für jeden Chirurgen eine Herausforderung dar. Das schwere Schädel-Hirn-Trauma (SHT) trägt v.a. zur Mortalität bei und kommt bei Kindern aufgrund der anatomischen Besonderheiten häufig in Verbindung mit Verletzungen der Halswirbelsäule, des Thorax sowie des Abdomens vor. Schwerwiegende Verletzungen können auch trotz eines stabilen Thorax vorliegen, was auf die Elastizität des Thorax zurückzuführen ist. Rippenfrakturen sind eine Rarität, stellen aber einen prädiktiven Faktor für das Verletzungsmaß dar. Abdominale Verletzungen, v.a. der Milz und der Leber, sind häufige Verletzungen, welche jedoch in der Regel keine operative Intervention erfordern. Verletzungen der Extremitäten kommen im Rahmen eines Polytraumas relativ häufig vor, spielen jedoch für die Mortalität der Kinder eine untergeordnete Rolle. Insgesamt ist die Mortalität des polytraumatisierten Kindes im Ver-

gleich zu Erwachsenen geringer, was v.a. auf eine verminderte Anzahl an Vorerkrankungen im Vergleich zu Erwachsenen zurückzuführen ist. Weiterhin entwickeln Kinder aufgrund der geringeren zellulär immunologischen Kompetenz eine geringere inflammatorische Reaktion. So kommt es seltener zu einem systemischen inflammatorischen Response-Syndrom (SIRS) und zu dem daraus resultierenden Organversagen. Die häufigsten Ursachen für langfristige funktionelle Defizite von Kindern nach einem Polytrauma stellen vor allem Verletzungen des zentralen Nervensystems sowie des Bewegungsapparats dar.

## The Polytraumatised Child

In spite of modern medical systems and pediatric trauma centres, accidents remain the leading cause of death in children and are a challenge for every surgeon. A severe traumatic brain injury is the major common cause for the mortality in polytraumatised children. Due to the anatomic characteristics in children, traumatic brain injuries are often associated with injuries of the cervical

spine, thorax and abdomen. Serious intrathoracic injuries can also occur in spite of a stable thorax, which is supposedly attributable to the elasticity of the thorax. Rib fractures in children are rare but are a predictive factor for the injury severity. Injuries of the abdomen, especially of the spleen and liver, are common and require in general no surgical intervention. Extremity injuries in polytraumatised children are relatively common but do not have a strong impact on the mortality rate. Overall, the mortality rate in multiply injured children is lower than that in adults, which is explainable on account of the lower incidence of previous illnesses in children compared to adults. Furthermore, children develop less inflammatory reactions due to their lower cellular immunological competence. Thus, a systemic inflammatory response syndrome (SIRS) and the resulting organ failure occur relatively rarely. The most common causes of long-term functional deficits after paediatric polytrauma are injuries to the central nervous system and the musculoskeletal system.

Unfälle bleiben bei Kindern trotz modernster medizinischer Systeme und pädiatrischer Traumazentren weltweit die häufigste Todesursache. Die Versorgung von mehrfachverletzten Kindern stellt daher für jeden behandelnden Arzt eine Herausforderung dar. Einerseits ist das Polytrauma des Kindes insgesamt seltener als bei Erwachsenen und andererseits müssen wichtige Unterschiede der kindlichen Anatomie und Pathophysiologie bei der Versorgung berücksichtigt

werden. Häufige Verletzungen im Rahmen eines kindlichen Polytraumas sind Verletzungen des Schädels, des Thorax, des Abdomens sowie der Wirbelsäule und der Extremitäten.

Insgesamt ist auch wie bei Erwachsenen das männliche Geschlecht häufiger betroffen. Kinder unter 6 Jahren verunfallen häufiger als Fußgänger nach direktem Anpralltrauma, verglichen mit Erwachsenen. In der Altersgruppe von 6–12 Jahren überwiegen Stürze aus großer Höhe, gefolgt von Unfällen als Fußgänger oder PKW-Insassen. Bei Jugendlichen zwischen 15–18 Jahren kommen zusätzlich Mofa- oder Motorradunfälle vor. Sel-

tener sind körperlicher Missbrauch oder Suizidfälle.

Im Jahr 2004 starben laut der World Health Organization (WHO) ca. 950 000 Menschen unter 18 Jahren an einem Unfall bzw. an den Folgen eines Unfalls. Hierbei waren die häufigsten zum Tode führenden Unfälle Verkehrsunfälle, gefolgt von Ertrinkungsunfällen, Verbrennungen, Stürzen aus großer Höhe sowie Vergiftungen. Früher war man der Ansicht, dass diese Art von Todesfällen v.a. in Industrieländern ein führendes Problem darstellt. Aktuell weiß man aber, dass es v.a. die Mittel- und Schwellenländer betrifft [6].

Generell ist die Mortalität nach einem Polytrauma bei Kindern verglichen mit Erwachsenen geringer. Dies ist zum einen dadurch bedingt, dass Kinder selten entscheidende Vorerkrankungen wie z.B. Herzinsuffizienz, Diabetes mellitus oder chronische Bronchitis aufweisen. Weiterhin entwickeln Kinder seltener tödliche Komplikationen wie Lungenentzündungen oder Multiorganversagen (MOV). Die zelluläre immunologische Kompetenz ist bei Kindern, v.a. unter 10 Jahren, deutlich geringer als bei Erwachsenen. Dies führt nach einem Polytrauma zu einer geringen Inflammationsreaktion, und somit kommt es seltener zu einer SIRS und daraus resultierendem Organversagen. Die häufigste Ursache für die Mortalität bei polytraumatisierten Kindern stellt das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) dar.

### Das Schädel-Hirn-Trauma (SHT)

Das schwere SHT im Rahmen des Polytraumas bzw. nach stumpfen Traumata stellt sowohl bei einem Erwachsenen als auch bei einem Kind die Haupttodesursache dar. Das Auftreten eines SHT bei Kindern mit 50–75% und Kombinationen von SHT mit Thorax- und Abdominaltrauma ist jedoch vergleichsweise höher als bei Erwachsenen. Hierfür verantwortlich sind zum einen das verhältnismäßig höhere Kopfgewicht und zum anderen die entsprechend ähnliche Höhe des kindlichen Kopfes und Rumpfes mit der PKW-Front im Falle eines PKW-Unfalls. Die Letalität bei Kindern nach einem SHT beträgt 2,5–21%. Zu beachten ist, dass das kindliche Gehirn im Vergleich zu dem eines Erwachsenen sehr empfindlich gegenüber Hypoxie und Hyperkapnie ist und zur ausgeprägten Ödembildung (48%) neigt.

Intrakranielle Verletzungen sind häufiger bei Kindern. Dabei handelt es sich meist um ein Hirnödem oder um eine subarachnoidale oder eine intrazerebrale Blutung. Diese können auch ohne ein Vorliegen einer begleitenden Fraktur bestehen und sind der besonderen Anatomie der Kinder zuzuschreiben, da die noch offenen Schädelnähte eine höhere Elastizität des kindlichen knöchernen Schädels bedingen. So können sich die klinischen Hirndruckzeichen erst verspätet mit einer Latenz von einigen Tagen aufzeigen und eine akute dramatische Zustandsverschlechterung des Kindes mit Gefahr der letalen Einklemmung verursachen. Duraeinrisse in den ersten Lebensjahren können im Verlauf zu einer

**Tab. 1** Gibt die detaillierten Punkte des Children's Coma Scale (CCS) wieder. Analog zum Glasgow Coma Scale gilt bei Kindern der Children's Coma Scale (CCS) zur Beurteilung des Schweregrads in der Primärversorgung.

Punkte	Augenreaktionen	beste verbale Reaktion	beste motorische Reaktionen
6			spontane Bewegungen
5		reagiert adäquat	gezielte Schmerzabwehr
4	spontan	Schreien ist beruhigbar	Wegziehen der Extremitäten auf Schmerzreize
3	Reaktion auf Ansprache	Schreien ist nicht beruhigbar	tonische Beugung auf Schmerzreiz
2	Reaktion auf Schmerz	Schreien ist nicht sicher beruhigbar	tonische Streckung auf Schmerzreiz
1	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion

„wachsenden Fraktur“ führen. Zu beachten ist auch, dass die Dura bei Kindern am Knochen verwachsen ist. Epiduralhämatome treten auf, wenn durch knöchernen Verletzungen des Schädels die A. meningeal media verletzt wird. Knöchernen Verletzungen liegen jedoch selten vor, sodass epi- und subdurale Hämatome insgesamt eine 5%ige Auftretenswahrscheinlichkeit haben. Ein Beispiel für das Auftreten eines Subduralhämatoms bei einem Säugling kann der Sturz von der Wickelkommode sein. Hierbei kann es durch die Verformbarkeit des Schädels zum Abriss einer Brückenvene kommen. Symptome für das Vorliegen eines Subduralhämatoms sind Schreien des Kindes mit blassem Gesicht und das Auftreten von klonischen Krämpfen bis zur Bewusstlosigkeit. Das Risiko, eine dauerhafte Hirnschädigung zu erleiden, erhöht sich dramatisch bei geschlossener Fontanelle. Stammganglienblutungen, ventrikelnah traumatische Intrazerebralhämatome und Hirnstammkontusionen sind bei Kindern außerordentlich häufig. Auch aufgrund der hohen Ödemeigung sind aus Ischämie resultierende Infarkte nach diffuser Hirnschwellung häufig. Über 30% der Patienten mit schwerem SHT weisen Krampfanfälle innerhalb der ersten 24 h nach Trauma auf.

Falls auch Mittelgesichtsverletzungen bestehen, müssen diese nur bei schweren Blutungen oder offenen Verletzungen früh versorgt werden oder können minimalinvasiv bei ausgeprägter Instabilität des Mittelgesichts oder des Kiefers versorgt werden. Auch Verletzungen der Kopfschwarte können zu folgenschweren Blutverlusten führen.

Klinisch kann man den Schweregrad der SHT analog zur Glasgow Coma Scale nach der Children's Coma Scale einteilen

(**Tab. 1**). Falls ein operationspflichtiges SHT besteht, muss dies sofort nach Stabilisierung der Vitalparameter des polytraumatisierten Kindes und der Diagnostik erfolgen. Denn sowohl das Auftreten eines epiduralen als auch eines subduralen Hämatoms ist nach der 3. Stunde nach Trauma mit einer signifikant schlechteren Heilungsprognose vergesellschaftet. Insbesondere sollte im Rahmen der Diagnostik bei Vorliegen eines SHT eine Begleitverletzung der Halswirbelsäule ausgeschlossen werden. Hierzu gehört u.a. eine CT-/NMR-Diagnostik mit Verlaufskontrollen (nach 12–24 h).

Das Behandlungsregime bei einem Kind mit einem SHT entspricht generell dem eines Erwachsenen. In der Versorgung von Kindern mit einem Schädel-Hirn-Trauma hat sich zur Vermeidung eines hypoxischen Hirnschadens die Frühintubation bewährt. Hierbei ist v.a. mind. bis 48 h nach Trauma eine Hyperventilation mit PaCO<sub>2</sub>-Werten von 28–30 mmHg erstrebenswert. Zur Prophylaxe und Therapie des Hirnödems steht weiterhin die Lagerungstherapie im Vordergrund. Hierbei sollte die Oberkörperhochlagerung bei 20–30° unter Berücksichtigung des ICP und des mittleren arteriellen Blutdrucks (MAD) erfolgen. Der zerebrale Perfusionsdruck wird aus der Differenz zwischen MAD und der ICP bestimmt und sollte zur ausreichenden Hirndurchblutung 60 mmHg nicht unterschreiten (CCP = MAP-ICP). Zu beachten ist, dass bei Kindern niedrigere Normwerte für den ICP mit  $\leq 3$ –7 mmHg, verglichen zu Erwachsenen und Jugendlichen mit  $< 5$ –10 mmHg, gelten.

Auch hat das Flüssigkeitsmanagement Einfluss auf die Therapie bei einem SHT. Ein subtiles Flüssigkeitsmangelmanagement sollte aufgrund der Ödemeigung

und eines „cerebral wasting“-Syndroms unklarer Ätiologie bei einem polytraumatisierten Kind gewährleistet sein. Eine iatrogene Volumentherapie durch z.B. überhöhte Infusionsmengen ist bei einem SHT kontraindiziert. Dies kann zu SHT-verbundenen Elektrolytentgleisungen (Natrium, Kalium, Chlorid) führen und sollte durch ein Labormonitoring überwacht werden. Die adjuvante Gabe von hyperosmolaren Lösungen wie Mannitol oder Sorbit sowie die Gabe von Barbituraten sollten unter EEG-Kontrolle erfolgen. Die Gabe von Kortikoiden wird kontrovers diskutiert und ist bei Kindern eher nicht indiziert. Eine medikamentöse Therapie des Hirnödems ist nach Ausschluss einer ursächlichen Blutung bei ICP-Werten  $> 10$  mmHg notwendig. Bei ICP-Werten von  $> 30$ – $35$  mmHg ist eine Entlastungstrepanation indiziert.

Generell sollte eine operative Intervention zur Entlastung bei raumfordernden, blutungsbedingten intrakraniellen Druckerhöhungen erfolgen. Hierbei ist eine bessere Prognose bei Kindern nach sofortiger unilateraler bzw. bitemporaler Entlastungskraniotomie bei hohem intrazerebralem Druck oder der Mittellinienverlagerung zu erzielen. Bei einem Epiduralhämatom ist eine rechtzeitige Trepanation erforderlich. Eine temporale Entlastungstrepanation mit Duraerweiterungsplastik sollte v.a. bei geschlossener Fontanelle erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass ein schweres SHT bei Kindern mit geschlossener Fontanelle (ab 2./3. Lebensjahr) mit einem GCS  $\leq 8$  Punkten mit einer parenchymatös lokalisierten Hirndrucksonde versorgt werden muss. Selten vorkommende intraventrikuläre Blutungen können über externe Drainagen abgeleitet werden. Bei offenen SHT müssen die Frakturen mit Impressionen von mehr als einer Kallottenbreite schnellstmöglich mit einer Hebung sowie Durarevision operativ versorgt werden. Eine frühzeitige Kraniektomie zur möglichst raschen Druckentlastung gewinnt nach neuesten Untersuchungen mehr an Bedeutung [9].

Allgemein ausgedrückt ist die Prognose abhängig vom Ausmaß der Hirnkompression vor Entlastung und bei frühzeitiger Entlastung gut. Ein posttraumatischer Hydrozephalus kann im Verlauf eine Shuntanlage erfordern. Bei ca. 50% der Kinder mit Zustand nach einem schweren SHT treten psychologisch auffällige Verhaltensmuster und geistige Leistungsschwäche, die einer speziellen Rehabilitation bedürfen, auf.

## Das Thoraxtrauma

Thoraxverletzungen kommen in pädiatrischen Traumazentren mit einer Inzidenz von 5–12% vor, wobei Thoraxtraumen im Rahmen eines kindlichen Polytraumas mit 8–62% wesentlich häufiger anzutreffen sind. Gleichzeitige Beteiligung von Schädelverletzungen oder Verletzungen des Bauchraums im Rahmen einer Thoraxverletzung kann die Mortalität erheblich beeinträchtigen. Demnach liegt die Mortalität bei einem isolierten Thoraxtrauma bei 5%, welche in Verbindung von Verletzungen des Schädels oder des Bauchraums um das 5-Fache ansteigt und nahezu in 25% der Fälle registriert wird [1].

Häufig entsteht diese Art von Verletzungen im Rahmen eines Verkehrsunfalls. Die anatomisch-physiologischen Gegebenheiten bei Kindern unterscheiden sich von denen der Erwachsenen, welches sich auch im Verletzungsmuster bemerkbar macht. Aufgrund der Elastizität der kindlichen Thoraxwand werden von außen zugeführte Kräfte in das Körperinnere übertragen. Diese Elastizität führt dazu, dass auch bei einem stabilen Thorax schwerste Verletzungen von inneren Organen, v.a. Lungenkontusionen oder Hämato- oder Pneumothoraces vorliegen können. Isolierte Rippenfrakturen sind in der Regel seltener, jedoch gelten Rippenfrakturen (v.a. mehrere Rippenbrüche) oft als Indikatoren für schwere Verletzungen des Thorax. Mehrere Rippenbrüche sind auch häufig mit weiteren Verletzungen wie die des Schädels, der Wirbelsäule, des Abdomens, des Beckens oder der Extremitäten assoziiert [1]. Verletzungen des Herzens, der Aorta, der Speiseröhre oder des Zwerchfells kommen insgesamt seltener vor. Schwere lebensbedrohliche Verletzungen wie z.B. die Ruptur des Tracheobronchialsystems stellen eher eine Rarität dar.

Die Lungenkontusion bleibt insgesamt die häufigste Form des pädiatrischen Thoraxtraumas. Native Thoraxröntgenuntersuchungen können in nahezu 90% der Fälle solche Arten von Verletzungen diagnostizieren. Dennoch besitzt die Computertomografie des Thorax gegenüber den konventionellen Röntgenaufnahmen eine höhere Aussagekraft und kann v.a. Lungenkontusionsherde früher und spezifischer erkennen und sollte daher bei unklaren Befunden eingesetzt werden [1].

Der Schwerpunkt in der Therapie von Thoraxtraumaten liegt in der Behandlung von Lungenkontusionen und der daraus resultierenden respiratorischen Insuffizienz oder Pneumonien. Nach Lungenkontusionen können Atelektasen und interstitielle Ödeme entstehen, welche wiederum zu Pneumonien führen. Eine frühzeitige Intubation zur Respiratorbehandlung mit PEEP (positiver endexpiratorischer Druck) sollte wie bei Erwachsenen frühzeitig angestrebt werden. Eine Lagerungsbehandlung im Rotorettbett kann bei größeren Kindern eingesetzt werden. Pneumonien treten nach Lungenkontusionen mit ca. 20–30% relativ häufig auf und sollten daher frühzeitig mittels kalkulierter Antibiotikatherapie behandelt werden.

Chirurgische Interventionen nach einem Thoraxtrauma sind bei Kindern selten indiziert. Chirurgisch versorgt werden müssen u.a. anhaltende kreislaufwirksame Blutungen aus Parenchymrisissen oder aus Interkostalgefäßen. Ein Pneumo- oder Hämatothorax muss ggf. mittels Thoraxdrainage über eine Minithoraktomie entlastet werden.

Etwa 5% der Kinder mit einem Hämatothorax erfordern eine chirurgische Intervention. Die Indikation für so eine Operation wird in der Literatur kontrovers diskutiert [1]. Einige Autoren machen eine chirurgische Intervention vom physiologischen Status abhängig. Andere hingegen haben sich volumetrische Leitlinien erstellt. Eine chirurgische Exploration ist nach diesen Leitlinien z.B. bei initialer Entleerung von 15 ml/kg indiziert. Entscheidend für das Outcome sind die frühzeitige Erkennung und die adäquate Therapie von Thoraxverletzungen.

## Das Abdominaltrauma

Verletzungen im Bauchraum im Rahmen eines kindlichen Polytraumas nehmen nicht nur aufgrund der anatomischen Gegebenheiten eine besondere Stellung ein. Sie gehen oftmals mit einem raschen großen Blutverlust einher. Kinder tolerieren einen Blutverlust besser als Erwachsene. Ein Blutverlust von 25–30% bei Kindern kann ohne Zeichen einer Dekompensation toleriert werden. Hierbei ist aber zu beachten, dass ca. 500 ml Blutverlust bei einem Erwachsenen lediglich ein Defizit von 10% verursachen. Ein Blutverlust von 500 ml bei einem 4-jährigen Kind bedeutet allerdings einen Verlust des zirkulierenden Blutes von knapp 40%. Die Tatsache, dass der

Schockindex (systolischer Blutdruck/Herzfrequenz) bei Kindern aufgrund der physiologisch höheren Herzfrequenz und niedrigeren Werte für den systolischen Blutdruck nicht wie bei einem Erwachsenen eingesetzt werden kann, macht die Einschätzung der Gesamtsituation für die Erstversorgenden enorm schwierig.

Aufgrund der anatomischen Besonderheiten bei Kindern sind intraabdominelle Verletzungen insgesamt häufiger und schwerwiegender als bei Erwachsenen. Die Leber und die Milz sind bei Kindern verhältnismäßig größer als bei Erwachsenen und ferner befindet sich das Zwerchfell tiefer. Dies führt dazu, dass die Leber und partiell nur die Milz durch die Rippen geschützt sind. Weiterhin ist die Bauchwandschicht bei Kindern schmaler und schwächer. Daher kommen im Rahmen eines Polytraumas v. a. Verletzungen der Milz und der Leber vor.

Seltener findet man bei Kindern Pankreas- oder Hohlorganverletzungen. Insgesamt sind isolierte stumpfe Bauchtraumata in der Notfallaufnahme keine Seltenheit und kommen mit einer Inzidenz von 10–22% vor. Dabei ist die Milz mit 45% aller intraabdomineller Verletzungen im Kindesalter am häufigsten betroffen [5].

In der Diagnosestellung intraabdomineller Verletzungen v. a. in der Akutphase hat sich die Sonografie bewährt. Dabei ist auch der Begriff des „Focused Abdominal Sonography for Trauma“ (FAST) von großer Bedeutung. In einer Studie von Soudack et al. wurden 314 pädiatrische Patienten anhand dieses Verfahrens untersucht. Hierbei wurden alle Patienten nach einem stumpfen Bauchtrauma (204 männliches und 109 weibliches Geschlecht) sonografisch auf freie intraabdominelle Flüssigkeit hin untersucht. Alle 4 Quadranten wurden durch einen erfahrenen Arzt sonografiert. Patienten mit einem negativen Ergebnis erhielten eine Computertomografie des Abdomens. Insgesamt fand sich bei 36 Patienten (11,5%) freie intraabdominelle Flüssigkeit. Bei den restlichen Kindern fand sich sonografisch keine freie Flüssigkeit. Allerdings zeigte die CT-Untersuchung bei 3 Patienten ein positives Ergebnis trotz negativem Sonografiebefund [8]. Man spricht hier von einem „toten Winkel“ der Sonografie. Das bedeutet, dass z. B. Dünn- oder Dickdarmperforationen oder Pankreasverletzungen sonografisch nicht immer eindeutig erkannt werden können. Daher sollte bei einem suspek-

ten Befund bei hämodynamisch stabilen Patienten immer eine Computertomografie zur weiteren Abklärung erfolgen. Hämodynamisch instabile Patienten trotz Volumen- und Blutzufuhr mit Nachweis freier intraabdomineller Flüssigkeit sollten notfallmäßig operiert werden.

Generell wird aber bei intraabdominellen Verletzungen eine konservative Behandlung angestrebt. Entscheidend dabei ist die Kreislaufstabilisierung des Patienten durch Volumensubstitution oder durch Transfusionen. Die konservative Behandlung besteht weiterhin aus engmaschigen klinischen, laborchemischen und sonografischen Kontrollen. Bei Milzverletzungen ist eine absolute Bettruhe einzuhalten. Dabei sollte eine intensivmedizinische Überwachung und eine mögliche notfallmäßige operative Therapie gewährleistet sein. Wenn eine Kreislaufstabilisierung durch Volumen- oder Blutzufuhr nicht erzielt werden kann, ist eine operative Intervention zur Darstellung und Behandlung der Blutungsquelle indiziert. Weitere Indikationen zur operativen Versorgung sind der Nachweis von freier intraabdomineller Luft, klinische Zeichen einer Peritonitis oder nachgewiesene Ruptur eines Hohlorgans. Entscheidend in der Akutphase ist die Erkennung von hämodynamisch instabilen Patienten trotz Volumensubstitution oder Transfusion und nachgewiesener freier intraabdomineller Flüssigkeit, die einer sofortigen operativen Intervention bedürfen.

### Wirbelsäulenverletzungen

Wirbelsäulenverletzungen im Rahmen eines kindlichen Polytraumas finden sich im Vergleich zu den Erwachsenen seltener. Dies kann auf die höhere Elastizität der kindlichen Wirbelsäule zurückgeführt werden. Das verhältnismäßig höhere Kopfgewicht führt v. a. bei Kleinkindern zu Verletzungen im Bereich der oberen Halswirbelsäule (HWS), welche häufig kombiniert mit einem SHT vorkommen. Bei Jugendlichen sind Verletzungen der unteren HWS führend. Verletzungen der unteren Lendenwirbelsäule (LWS) können im Rahmen von Verkehrsunfällen v. a. bei angeschnalltem Beckengurt vorkommen. Hierbei sind intraabdominelle Begleitverletzungen nicht selten. Verletzungen der Brustwirbelsäule kommen v. a. mit Thoraxverletzungen vor. Carreon et al. analysierten im Jahr 2004 retrospektiv 137 Kinder mit Wirbelsäulenverletzungen. Insgesamt war die HWS mit 36% am häufigs-

ten betroffen, gefolgt von BWS- mit 34% und LWS-Verletzungen mit 29%. Die Mortalität war nach Verletzungen der Halswirbelsäule v. a. bei jüngeren Kindern häufiger [2].

Trotz der Elastizität der kindlichen Wirbelsäule sind schwerwiegende Folgen nach Wirbelsäulenverletzungen, wie z. B. eine Querschnittlähmung bei Kindern verglichen mit Erwachsenen, häufiger. Eine Querschnittlähmung wurde in der Studie von Carreon et al. mit 19% nachgewiesen, wobei diese hauptsächlich in der Altersgruppe von 0–9 Jahren auftrat [2]. Verantwortlich hierfür ist v. a. die eingeschränkte longitudinale Dehnung des Rückenmarks.

Aufgrund der eingeschränkten Rückenmarksdehnung und der Elastizität der Wirbelsäule kann es zu einer Querschnittlähmung auch ohne radiologische Veränderungen kommen, welche auch eine Sonderform darstellt und als SCIWORA-Syndrom („spinal cord injury without radiographic abnormalities“) bezeichnet wird [3]. Ferner kann es in sehr seltenen Fällen auch zu einer Querschnittlähmung nach isolierter Rückenmarkszerreißen ohne Verletzungen von knöchernen oder diskoligamentären Strukturen kommen, was womöglich auch auf anatomische Besonderheiten zurückzuführen ist (Abb. 1).

In der Diagnostik von Wirbelsäulenverletzungen im Rahmen eines Polytraumas hat sich die Computertomografie bewährt und die nativradiologische Diagnostik im Schockraum aus zeitlichen Gründen verdrängt. Mithilfe der Computertomografie können gleichzeitig auch mögliche Myelonkompressionen erahnt werden. Zur definitiven Beurteilung, ob eine Rückenmarksschädigung vorliegt, wird aber zusätzlich eine Magnetresonanztomografie (MRT) durchgeführt.

Stabile Verletzungen im Bereich der HWS sind bei Kindern häufiger und wurden früher mittels HALO-Fixateur behandelt. Heutzutage werden stabile Verletzungen bei Kindern in einer Zervikalstütze (Stiff Neck) therapiert. Dies gilt ebenfalls für Frakturen im Dens-axis-Bereich nach erfolgreicher Reposition. Bei instabilen Verletzungen oder bei neurologischen Ausfällen muss eine operative Versorgung erfolgen. Dies kann mittels dorsaler oder ventraler Spondylodese erfolgen. Bei neurologischen Ausfällen muss bei einer dorsalen Spondylodese eine Laminektomie erfolgen. Eine atlantookzipitale Instabilität muss über eine





**Abb. 1** Rückenmarkszerrisse in Höhe BWK 10/11 bei einem 17-jährigen Patienten nach einem Verkehrsunfall ohne Verletzung der Wirbelkörper und der diskoligamentären Strukturen. Vorerkrankungen oder Voroperationen im Bereich der Wirbelsäule lagen nicht vor.



**Abb. 2** Beckenübersichtsaufnahme mit einer komplexen Beckenfraktur bei einem 6-jährigen Kind.

Fusion C0–C1/C0–C2 versorgt werden. Allerdings treten solche Verletzungen meist kombiniert mit einem SHT auf und die Kinder versterben noch am Unfallort.

Kommt es zu Frakturen im Bereich der BWS/LWS, dann handelt es sich meist um Kompressionsfrakturen, welche in der Regel konservativ behandelt werden. Eine operative Versorgung ist bei neurologischen Ausfällen, oder wenn mehr als die Hälfte des Wirbelkörpers komprimiert ist oder eine laterale Kompression von mehr als 15° vorliegt indiziert. Seltenere vorkommende Typ-B- oder Typ-C-Verletzungen der Wirbelsäule sind meist mit weiteren Traumata (Thoraxtrauma oder Abdominaltrauma) vergesellschaftet und sollten operativ versorgt werden. Allerdings steht zunächst die Therapie des Thorax- oder Abdominaltraumas im Vordergrund.

**Beckenfrakturen**

Pädiatrische Beckenfrakturen sind in der Regel mit Hochrasanztraumen vergesellschaftet und kommen v.a. nach Auto-unfällen oder nach direktem Anpralltrauma vor. Die Mortalität nach einem Beckentrauma ist im Gegensatz zu den Erwachsenen geringer, steigt aber insbesondere im Rahmen eines Polytraumas wesentlich an. Die geringere Mortalität ist darauf zurückzuführen, dass es sich bei Kindern in den meisten Fällen um

harmlose Verletzungen handelt, was durch die kindliche Anatomie bzw. durch den Unfallmechanismus erklärt werden kann. Kinder haben zum einen eine größere Plastizität der Beckenknochen und zum anderen eine höhere Elastizität der Symphyse und der Sakroiliakgelenke. Auch ist der Knorpel bei Kindern stärker ausgeprägt. Der Unfallmechanismus unterscheidet sich ebenfalls von dem der Erwachsenen. Kinder sind häufig als Fußgänger unterwegs und erleiden meist ein direktes Anpralltrauma. Dies führt in der Regel zu einer lateralen Kompressionsverletzung ohne Unterbrechung der Sakroiliakgelenke. Erwachsene verunfallen meist selbst als Fahrer oder Beifahrer im Auto. Hierbei kommt es zu einer anterior-posterioren Kompressionsverletzung mit einer Verletzung der Sakroiliakgelenke und daraus resultierender erhöhter Instabilität und erhöhtem Blutverlust. Der hohe Blutverlust gilt bei Erwachsenen als prädiktiver Faktor für die Mortalität. Bei Kindern ist der Blutverlust geringer, da u. a. die Gefäße nicht arteriosklerotisch verändert sind und sie außerdem einen geringeren Durchmesser haben, was für eine schnellere Vasokonstriktion der Gefäße bei Kindern sorgt.

Die klinische Untersuchung bei einem polytraumatisierten Kind mit Verdacht auf eine Beteiligung des Beckens umfasst wie bei jedem Patienten die Untersuchung des gesamten Körpers. Im Rah-

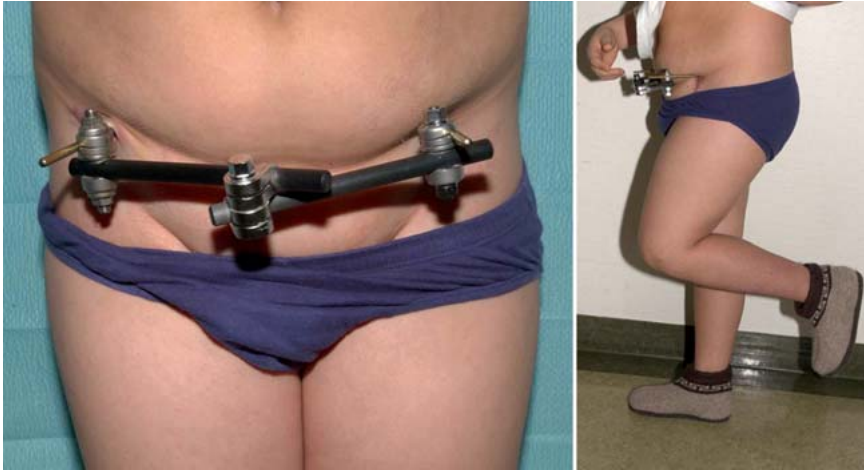
**Tab. 2** Einteilung der kindlichen Beckenfrakturen nach Torode und Zieg [10].

Typ	Frakturbeschreibung
1	Avulsionsverletzungen
2	Beckenschauelfrakturen
3	einfache Beckenringfrakturen ohne Zerreißung des hinteren Beckenrings
4	komplexe Beckenringfrakturen mit Zerreißung des hinteren Beckenrings

men von Beckenverletzungen muss immer eine Bewertung des Skrotums respektive der Vagina, der Harnröhre und des Anus erfolgen. Weiterhin muss auf mögliche Hämatome oder subkutane Einblutungen geachtet werden. Bei jedem Patienten mit einer Beckenverletzung ist eine rektale Untersuchung obligat. Bei Verdacht auf eine urethrale Verletzung sollte vor der Katheterisierung ein retrogrades Urethrogramm zur weiteren Abklärung erfolgen.

Weiterhin sollte auf das Vorliegen einer Morel-Lavallée-Läsion geachtet werden, welche für ein Abscheren der Haut und Subkutis von der Faszie mit nachfolgender Entwicklung großer blutgefüllter Hohlräume steht. Diese Läsion kann in eine große Nekrosefläche übergehen und kann negativ die operative Therapie und das Outcome nach Beckenfrakturen beeinflussen. Prädisponiert sind v. a. adipöse Kinder.

Zur Diagnosestellung bzw. zur Klassifikation und Stabilitätsbeurteilung hat sich neben der konventionellen Methode (Beckenübersichtsaufnahme [Abb. 2], Ala- und Obturatoraufnahme, Inlet- und Outletaufnahme) die Computertomografie des Beckens bewährt. Eine MRT-Untersuchung kann eventuell ergänzend durchgeführt werden. Die Beckenfraktu-



**Abb. 3** Klinisches Bild nach Anlage eines Fixateur externe im Bereich des Beckens. Wie man auf dem rechten Bild deutlich sehen kann, ist eine Belastung mit dem Fixateur möglich.



**Abb. 4** Die a.-p. und laterale Aufnahme des rechten Oberschenkels zeigen eine Schafffraktur.



**Abb. 5** A.-p. und laterale Aufnahme des rechten Oberschenkels nach operativer Versorgung mittels Prevot-Nägeln.

Verletzungen des Kopfes, des Abdomens oder des Thorax zu finden.

Frakturen der Extremitäten spielen für die Mortalität eine untergeordnete Rolle, jedoch sind sie ein wichtiger Bestandteil für die langfristige Morbidität der Kinder nach einem Polytrauma.

Demnach ist eine gründliche Kenntnis der damit verbundenen Verletzungen wichtig, um die Patientenversorgung zu optimieren. Aufgrund der hohen Energiemechanismen im Rahmen von Hochrasanztraumen ist die Inzidenz von offenen Frakturen bei mehrfachverletzten Kindern wesentlich höher und macht etwa 10% aus [7].

Die Diagnostik umfasst daher neben der klinischen Untersuchung auch die dopplersonografische Untersuchung der peripheren Durchblutung verletzter Extremitäten. Die radiologische Diagnostik mittels konventioneller Röntgenaufnahmen ist in der Regel ausreichend (**Abb. 4**). Die operative Versorgung von Verletzungen der Extremitäten spielt in der Akuttherapie eine untergeordnete Rolle und steht hinter den vital bedrohlichen Verletzungen des Schädels, des Abdomens oder des Thorax. Die meisten Extremitätenverletzungen erfordern auch keine Notfallversorgung. Ausnahmen sind offene Frakturen, Kompartmentsyndrome und Frakturen mit kombinierten Gefäßverletzungen. Dennoch werden Frakturen bei polytraumatisierten Kindern verglichen mit isolierten Frakturen häufiger operativ versorgt (**Abb. 5**).

ren bei Kindern werden nach Toredó und Zieg wie folgt klassifiziert [10] (**Tab. 2**).

Das therapeutische Vorgehen nach Beckenverletzungen bei Kindern erfolgt in der Regel konservativ-funktionell, da es sich in der Mehrzahl um stabile Frakturen handelt. Operativ versorgt werden müssen instabile Frakturen des vorderen und hinteren Beckenrings sowie dislozierte Frakturen des vorderen Beckenrings mit urogenitalen oder intraabdominellen Begleitverletzungen. Die operative Versorgung kann zum einen über einen Fixateur externe (**Abb. 3**) und zum anderen mittels offener Reposition und plattenosteosynthetischer Versorgung erfolgen. Ferner kommen perkutane Ver-

schraubungen zur Anwendung. Eine Beckenschlinge in der Akuttherapie ist bei Kindern nicht indiziert. Ausreichend sind hier konventionelle Maßnahmen wie z. B. Wickeln der Beine in Innenrotation. Insgesamt haben Beckenverletzungen bei Kindern eine gute Heilungstendenz, welche sich in der guten Langzeitprognose bemerkbar macht.

### Extremitätenverletzungen

Frakturen der Extremitäten kommen im Rahmen eines kindlichen Polytraumas mit 76% relativ häufig vor [7]. Isolierte Frakturen der Extremitäten im Rahmen eines Polytraumas kommen selten vor. Häufig sind weitere schwerwiegendere

Der optimale Zeitpunkt der Frakturversorgung bei pädiatrischen Polytraumapatienten ist bisher nicht ausreichend untersucht worden. Jedoch erlaubt eine frühe operative Versorgung eine frühe Mobilisation und erleichtert die Intensivpflege. Loder et al. kamen in einer Studie zu dem Ergebnis, dass eine operative Versorgung von Frakturen bei einem polytraumatisierten Kind innerhalb der ersten 3 Tage nach Unfall zu einer geringeren Komplikationsrate, zu kürzeren stationären Aufenthalten inkl. kürzerer Aufenthalte auf der Intensivstation sowie einer kürzeren Beatmungsdauer führt [4].

Die gute Heilungstendenz des kindlichen Knochens erlaubt nach einer operativen Versorgung mittels Fixateur externe, intramedullärem Nagel oder mittels schrauben- und plattenosteosynthetischer Versorgung fast immer eine sofortige Vollbelastung der unteren Extremitäten und erfordert selten einen Wechsel auf ein anderes Osteosyntheseverfahren.

Zusammenfassend sind Verletzungen der Extremitäten im Rahmen eines Polytraumas sehr häufig und spielen insbesondere für die Morbidität der Kinder eine entscheidende Rolle.

#### Literatur

- <sup>1</sup> Bliss D, Silen M. Pediatric thoracic trauma. *Crit Care Med* 2002; 30: S409–S415
- <sup>2</sup> Carreon LY, Glassman SD, Campbell MJ. Pediatric spine fractures: a review of 137 hospital admissions. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17: 477–482
- <sup>3</sup> Launay F, Leet AI, Sponseller PD. Pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality: a meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2005; 433: 166–170
- <sup>4</sup> Loder RT, Gullahorn LJ, Yian EH et al. Factors predictive of immobilization complications in pediatric polytrauma. *J Orthop Trauma* 2001; 15: 338–341
- <sup>5</sup> Lynn KN, Werder GM, Callaghan RM et al. Pediatric blunt splenic trauma: a comprehensive review. *Pediatr Radiol* 2009; 39: 904–916
- <sup>6</sup> Peden M, Oyegbite K, Ozanne-Smith K et al. *World Report on Child Injury Prevention*. Geneva: WHO; 2008
- <sup>7</sup> Schalamon J, v Bismarck S, Schober PH et al. Multiple trauma in pediatric patients. *Pediatr Surg Int* 2003; 19: 417–423

<sup>8</sup> Soudack M, Epelman M, Maor R et al. Experience with focused abdominal sonography for trauma (FAST) in 313 pediatric patients. *J Clin Ultrasound* 2004; 32: 53–61

<sup>9</sup> Thomale UW, Graetz D, Vajkoczy P et al. Severe traumatic brain injury in children – a single center experience regarding therapy and long-term outcome. *Childs Nerv Syst* 2010; in press

<sup>10</sup> Torode J, Zieg D. Pelvic fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1985; 5: 76–84

**Dr. med. Mustafa Citak**

Assistenzarzt

**Prof. Dr. med. Gert Muhr**

Klinikdirektor

**Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Kälicke**

Ltd. Oberarzt/stellv. Klinikdirektor

Chirurgische Klinik und Poliklinik  
Berufsgenossenschaftliches  
Universitätsklinikum Bergmannsheil  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1  
44789 Bochum

mcitak@gmx.de