

# Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter – Konzepte zu Diagnostik und Therapie

Michael Kreinest, Sven Y. Vetter, Paul A. Grützner, Klaus Wendl, Stefan Matschke

## Einleitung

Verletzungen der Wirbelsäule bei Kindern sind selten [1]. Die Lokalisation der Verletzung sowie die entsprechenden Ursachen variieren deutlich mit dem Lebensalter der jungen Patienten [2]. Anatomische Charakteristika, wie z. B. die altersabhängige Variation der Apophysen, stellen besondere Herausforderungen an die bildgebende Diagnostik. Aufgrund der Besonderheiten der Biomechanik der heranwachsenden Wirbelsäule im Vergleich zum Erwachsenen können etablierte Therapien nicht undifferenziert übernommen werden.

Im folgenden Artikel möchten wir deshalb eine Übersicht über bestehende Konzepte zur Diagnostik und Therapie von Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter geben.

## Epidemiologie und Ätiologie

Nur 5–10% aller Wirbelsäulenverletzungen betreffen Kinder [3, 4]. Jungen sind doppelt so häufig betroffen wie Mädchen [5]. Unter allen verunfallten Kindern ist die Wirbelsäule nur in rund 1% der Fälle mitbetroffen [6]. Über 90% dieser Kinder mit einer Verletzung der Wirbelsäule haben ihr 16. Lebensjahr bereits erreicht. Bei Kindern unter dem 10. Lebensjahr ist am häufigsten die Halswirbelsäule betroffen. Zwei Drittel dieser Verletzungen betreffen die obere Halswirbelsäule [7]. Die Mortalität von Verletzungen der Wirbelsäule ist im Kindesalter im Vergleich zu Erwachsenen erhöht [8].

Verletzungen der Wirbelsäule bedürfen meist einer massiven Gewalteinwirkung. In rund zwei Drittel der Fälle zeigten sich relevante Begleitverletzungen des Schädels, des Thorax oder der Extremitäten [9].

### Merke

**Bei vorliegender Wirbelsäulenverletzung eines Kindes müssen weitere Wirbelsäulenverletzungen sicher ausgeschlossen werden.**

Neben einem zunächst unbemerkten Geburtstrauma bei den Kindern im 1. Lebensjahr sind vor allem Stürze und passive Verkehrsunfälle die Hauptursache für Wirbelsäulenverletzungen bei Kleinkindern. Ab dem Schulalter kommen aktive Verkehrsunfälle sowie Sportunfälle hinzu [10].

### Merke

**Bei nicht schlüssigem Unfallmechanismus muss unabhängig vom Alter des Patienten an die Möglichkeit einer vorliegenden Kindesmisshandlung gedacht werden.**

Zwischen 12 und 27% der Kinder mit einer Verletzung der Wirbelsäule haben begleitende neurologische Defizite (► **Abb. 1**) bis hin zur kompletten Querschnittssymptomatik [2, 4, 11]. Das Outcome dieser schwer verletzten Kinder kann verbessert werden, wenn bereits initial der Transport in ein entsprechendes Schwerpunktzentrum erfolgt [12].

## Anatomische Besonderheiten der Wirbelsäule im Kindesalter

Sowohl für die Diagnostik als auch für die Therapie von Verletzungen der Wirbelsäule im Kindesalter sind Kenntnisse über die anatomischen Besonderheiten der heranwachsenden Wirbelsäule erforderlich.

### Ossifikation

Um die Fehldeutung von Apophysen als Frakturen zu verhindern, müssen die Grundsätze der Verknöcherung der Wirbelkörper beachtet werden. Der Atlas weist 3 Ossifikationszentren auf. Der dorsale Bogenschluss erfolgt um das 3. Lebensjahr herum, während der ventrale Bogenschluss um das 7. Lebensjahr herum erfolgt. Der Axis weist 4 Ossifikationszentren auf. Die Fusion erfolgt zwischen dem 3. und 6. Lebensjahr. Erst um das 12. Lebensjahr herum erfolgt die Fusion mit dem Ossifikationszentrum an der Densspitze.

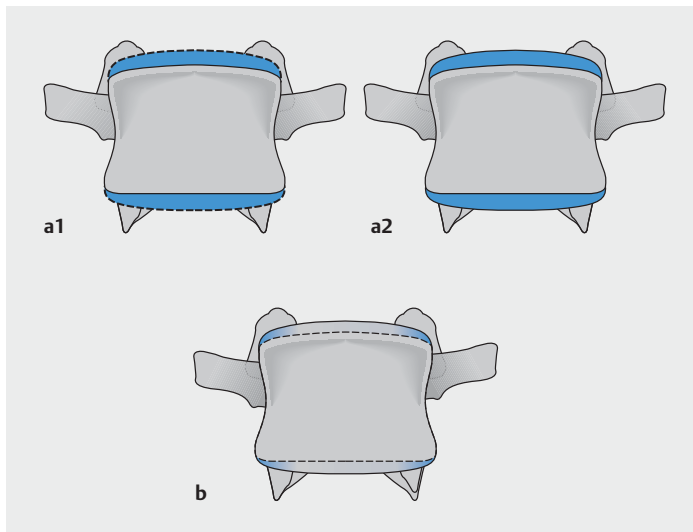
### Merke

**Synchondrosen des 2. Halswirbelkörpers am Übergang zum Dens axis werden in der Bildgebung häufig als Frakturen fehlinterpretiert.**

Die Ossifikationszentren der restlichen Wirbel fusionieren mit den beiden Ossifikationszentren in den Wirbelbögen. Zunächst erfolgt die ventrale Fusion um das 5.–6. Lebensjahr, während die dorsale Fusion der Wirbelbögen erst später erfolgt (zervikal: 6.–7. Lebensjahr; thorakal: 7.–9. Lebensjahr; lumbal: 9.–10. Lebensjahr). Noch später fusionieren die Ossifikationszentren der Endplatten und



► **Abb. 1** 16-jähriger Junge mit Luxationsfraktur des 6. und 7. Halswirbelkörpers (a) mit neurologischem Defizit. Stabilisation durch ventrale Spondylodese des 6. und 7. Halswirbelkörpers mit Beckenkammblock und ventraler Plattenosteosynthese (b1 und b2).



► **Abb. 2** Ossifikation der Apophysen ab dem 6. Lebensjahr. Zunächst bildet sich die Wirbelapophyse ringförmig aus (a1), verschmilzt aber noch nicht (a2). Wenn Apophyse und Wirbelkörper verschmelzen (b) ist die Skelettreife vervollständigt. Angepasst aus: Nau C, Rose S, Laurer H et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2010; 5: 23–38.

der Querfortsätze (16. Lebensjahr) sowie der Dornfortsätze (25. Lebensjahr). Bis zum 8. Lebensjahr besitzen die Wirbelkörper der Brust- und Lendenwirbelsäule eine leichte Keilform.

Zwischen dem Anulus fibrosus und der Wachstumszone am Wirbelkörper liegt der Apophysenring. Die Ossifikation beginnt um das 6. Lebensjahr (► **Abb. 2**). Im Bereich

der unteren Lendenwirbelsäule kommt es häufig zu einer Apophysenläsion, die oftmals mit einer Diskushernie verbunden ist.

**Merke**  
Traumatische Läsionen der Wachstumsfugen der Wirbelkörper können Wachstumsstörungen zur Folge haben.

### Weitere Besonderheiten

Neben den genannten nicht vollständig entwickelten knöchernen Strukturen ist auch die geringer ausgebildete weichteilige Stabilisierung zu beachten. Eine noch laxe ligamentäre Stabilisierung und der noch schwache Muskelapparat treffen auf ein ungünstiges Größenverhältnis zwischen Kopf und Körper sowie auf eine horizontale zervikookzipitale Artikulation. Hierdurch kann es bei Kindern leichter zu Dislokationen kommen als bei Erwachsenen. Mit zunehmendem Alter nimmt der Neigungswinkel zwischen Kopf und Atlas zu, und die Stellung der Facettengelenke wird steiler. Neben dieser zunehmenden knöchernen Stabilität nimmt auch die muskuloligamentäre Stabilität zwischen dem 8. und 10. Lebensjahr deutlich zu und ähnelt bald der des Erwachsenen.

**Merke**  
Das Hauptbewegungssegment der Halswirbelsäule bei Kindern unter 8 Jahren ist zwischen dem 2. und 3. Halswirbelkörper.

Pseudoluxationen in diesem Bereich können deshalb bei mehr als einem Drittel aller Kinder beobachtet werden und haben zunächst keinen Krankheitswert (► **Abb. 3**).

## Erste Diagnostik

Kinder mit Verdacht auf Wirbelsäulenverletzung sollten zunächst wie mehrfachverletzte Kinder behandelt werden, da von einer großen Gewalteinwirkung auszugehen ist. Die entsprechenden Protokolle und Leitlinien geben hier eine prioritätenorientierte Diagnostik und Behandlung vor, in deren Verlauf auch die Wirbelsäule untersucht wird.

### Anamnese

Auch bei voller Ansprechbarkeit sind die Anamneseerhebung und die Evaluation von Lokalisation und Ausstrahlung von Schmerzen in Abhängigkeit vom Alter deutlich erschwert. Auch der Unfallmechanismus kann durch das Kind meist nicht adäquat wiedergegeben werden. Da es sich oftmals um unbeobachtete Stürze handelt, führt hier auch die Fremdanamnese der Eltern nicht weiter.

### Klinische Untersuchung

Im Kindesalter hat die klinische Untersuchung eine hohe Sensitivität beim Erkennen von Wirbelsäulenverletzungen [13]. Im Rahmen der Inspektion der Wirbelsäule können Prellmarken und Schürfungen auf Verletzungen hinweisen. Weiterhin kann bei der Inspektion eine Fehlstellung z. B. der Halswirbelsäule auffallen.

#### Merke

**Torticollis traumaticus bezeichnet eine Fehlstellung des Halses aufgrund eines akuten Traumas. Ursächlich kann z. B. eine rotatorische atlantoaxiale Dislokation sein.**

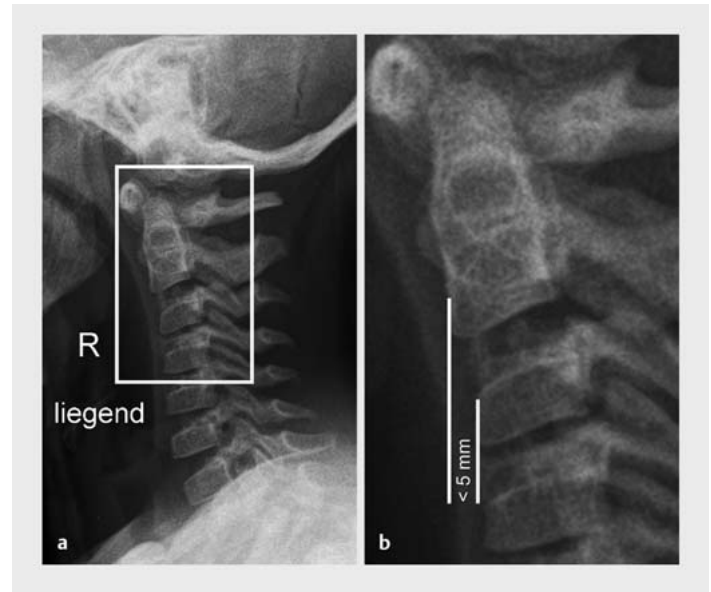
Ist die anschließende Palpation der gesamten Wirbelsäule schmerzfrei, kann die Prüfung der Beweglichkeit folgen. Gerade bei den häufigen Verletzungen der oberen Halswirbelsäule im Kleinkindalter zeigt sich oftmals eine Einschränkung der Beweglichkeit. Ältere Kinder beschreiben bei einer Densfraktur auch oftmals ein Instabilitätsgefühl während der aktiven Bewegung oder stützen gar ihren Kopf.

Den Abschluss der klinischen Untersuchung bildet die neurologische Evaluation. Obwohl auch diese meist deutlich erschwert ist, muss versucht werden, Defizite von Sensibilität und Motorik zu erkennen.

#### Merke

**Die Dokumentation neurologischer Defizite erfolgt auch bei Kindern am besten durch den ASIA-Score (ASIA = American Spinal Injury Association).**

Bei einer vorliegenden Läsion des Apophysenrings mit begleitender Diskushernie ähnelt die beschriebene Symptomatik einer Lumboischialgie mit Radikulopathie oder Conus-cauda-Symptomatik.



► **Abb. 3** Seitliches Röntgenbild der Halswirbelsäule bei einem 35-monatigen Mädchen (a). In der Vergrößerung zeigt sich eine physiologische Pseudoluxation zwischen 2. und 3. Halswirbelkörper von < 5 mm (b).

Bei neurologischen Defiziten oder vorliegenden anderen Hinweisen auf eine Verletzung der Wirbelsäule, die sich im Rahmen der durchgeführten klinisch orientierten Diagnostik zeigen, sollte eine weiterführende bildgebende Diagnostik durchgeführt werden. Spezielle Entscheidungshilfen können angewendet werden [14, 15].

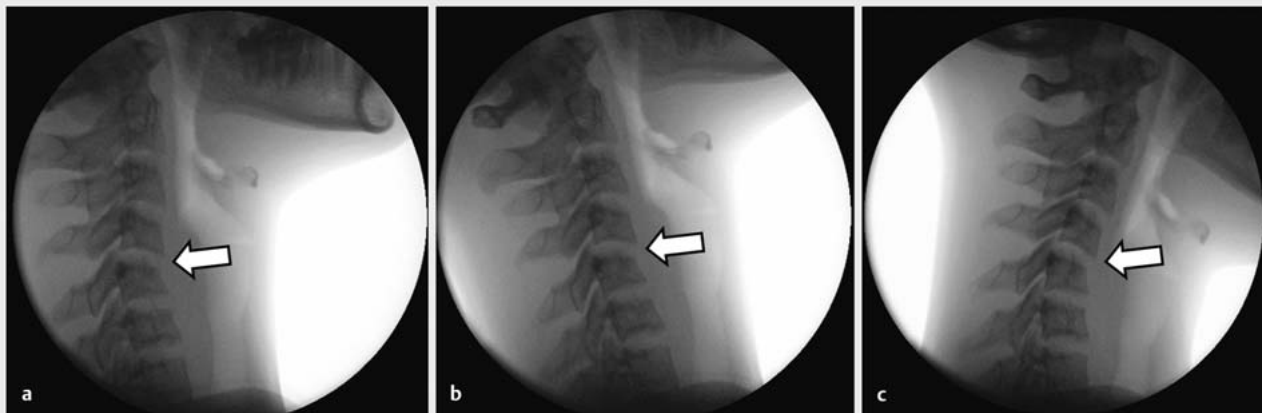
#### Merke

**Aus der Erwachsenenmedizin bekannte Entscheidungshilfen, ob eine weitere Bildgebung notwendig ist, wie die NEXUS-Kriterien [16] oder die Canadian C-Spine Rule [17] sind bei Kindern weniger gut anwendbar [18].**

## Bildgebende Diagnostik

### Röntgen Halswirbelsäule

Zunächst können Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule in 2 Ebenen mit zusätzlicher transoraler Zielaufnahme des Dens axis angefertigt werden. Bei der Durchführung ist auf die korrekte Lagerung des Kopfes zu achten; der Rumpf ist bei Kleinkindern zu unterpolstern. Die Halswirbelsäule sollte im anterior-posterioren und sagittalen Strahlengang vollständig abgebildet sein. Es erfolgt die Beurteilung des Alignments und der interpedikulären Distanz. Der Abstand zwischen Dens und Hinterhaupt (Basion) sowie der Abstand zwischen Dens und Atlas sollten jeweils kleiner als 5 mm sein. Eine Störung des Alignments zwischen 2. und 3. Halswirbelkörper von



► **Abb. 4** Durchleuchtung der Halswirbelsäule eines 12-jährigen Mädchens in Neutralstellung (a), Extension (b) und Flexion (c) mit Instabilität zwischen 4. und 5. Halswirbelkörper.

mehr als 5 mm gilt als pathologisch und sollte nicht als Pseudoluxation interpretiert werden.

Das Röntgenbild gibt eine statische Momentaufnahme wieder. Bei verbleibender Unklarheit bez. vorliegender Verletzungen kann die dynamische Durchleuchtung Klarheit bringen. Gerade bestehende Instabilitäten der Wirbelsäule können mithilfe der Durchleuchtung gut diagnostiziert und von Pseudoluxationen abgegrenzt werden (► **Abb. 4**). Da diese Untersuchung bei Kindern oft in Narkose durchgeführt werden muss, handelt es sich allerdings um eine recht aufwendige Untersuchung im Vergleich zum Erwachsenen. Statische Funktionsaufnahmen in Flexion und Extension ohne Führung des Untersuchers werden nicht empfohlen [19].

### Röntgen Brust- und Lendenwirbelsäule

Nach einem akuten Trauma erfolgt die Röntgendiagnostik der Brust- und Lendenwirbelsäule zunächst im Liegen in jeweils 2 Ebenen. Im Verlauf können auch Aufnahmen im Stehen oder Funktionsaufnahmen durchgeführt werden.

### Kernspintomografie

Zeigen sich trotz fundiertem klinischen Verdacht in der radiologischen Bildgebung keine Hinweise auf eine Verletzung der Wirbelsäule, wird die Durchführung einer kernspintomografischen Bildgebung empfohlen. Sowohl knöcherne Verletzungen als auch diskoligamentäre Verletzungen und Rückenmarksverletzungen können hier sicher diagnostiziert oder ausgeschlossen werden. Auch diese bildgebende Untersuchung muss zumindest unter Sedierung erfolgen [20].

Die Häufigkeit der gestellten Diagnose „SCIWORA“ (siehe Infobox) geht mit der zunehmenden Qualität der kernspintomografischen Bildgebung immer weiter zurück.

Immer häufiger können mittlerweile Veränderungen im Sinne eines Myelopathiesignals detektiert werden.

#### INFOBOX: SCIWORA

Eine Rückenmarksverletzung ohne Nachweis von Veränderungen in der Bildgebung nennt man SCIWORA (spinal cord injury without radiographic abnormality). Ursächlich hierfür ist die unterschiedliche Elastizität von Rückenmark und Wirbelsäule, wodurch es bei longitudinaler Distraktion, aber auch bei Hyperextension und Hyperflexion zu Verletzung des Rückenmarks kommen kann, ohne dass benachbarte knöcherne oder ligamentäre Strukturen verletzt werden.

### Computertomografie

Beim Verdacht einer vorliegenden Verletzung der Wirbelsäule wird aufgrund des Risikos durch die Strahlenbelastung [21] bei Kindern eher die Durchführung einer Kernspintomografie als einer Computertomografie empfohlen. Die wichtigste Indikation zur initialen computertomografischen Bildgebung besteht in der Durchführung einer sog. Traumaspirale bei mehrfachverletzten Kindern.

### Klassifizierung der Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter

Die seltene und oft letale atlantookzipitale Dislokation wird nach der Richtung der Dislokation eingeteilt (► **Abb. 5**). Bei der deutlich häufigeren atlantoaxialen Dislokation kann die ligamentäre translatorische Dislokation von der rotatorischen Dislokation unterschieden werden (► **Tab. 1**). Frakturen der ersten beiden Halswirbelkörper können nach den üblichen Klassifikationen eingeteilt

► **Tab. 1** Einteilung der atlantoaxialen Dislokation (AAD).

ligamentäre trans-latorische AAD	rotatorische AAD
Ventralverschiebung des Atlas gegen den Axis durch Ruptur des Lig. transversum atlantis	Rotation des Atlas gegen den Axis mit Zerreißung des Kapsel-Band-Apparats und Gelenkluxation
Diagnostik durch Röntgen möglich	oft unauffälliges Röntgenbild

► **Tab. 2** Einteilung der Dislokation bei Frakturen des Apophysenrings.

Typ	Kennzeichen	Alter
I	einfache Lösung des gesamten hinteren Randes	11–13
II	Randleiste mit spongosen Anteilen des Wirbelkörpers	13–18
III	lateraler Teil der Randleiste mit Teilen des Wirbelkörpers	> 14
IV	Fraktur der gesamten Hinterwand zwischen den Endplatten	–

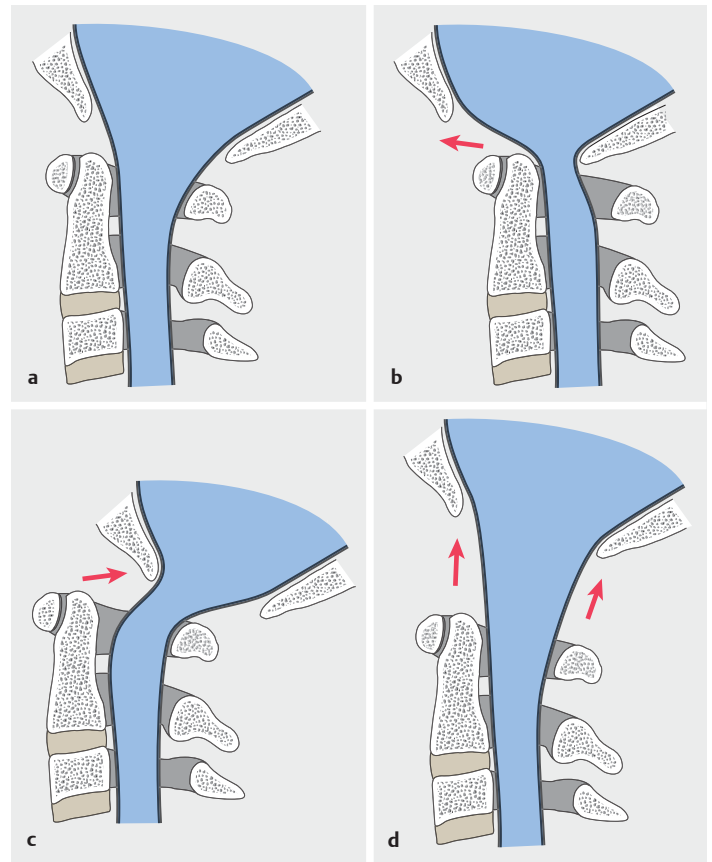
werden (z. B. Gehweiler, Anderson-D’Alonzo). Frakturen der Wirbelkörper der subaxialen Halswirbelsäule sowie der Brust- und Lendenwirbelsäule werden bei Kindern nach der Einteilung von Salter und Harris [22] klassifiziert (► **Abb. 6**). Ab dem 8.–10. Lebensjahr können dann die etablierten Klassifikationen der Wirbelfrakturen von Adulten angewendet werden [23], wie z. B. die Klassifikationssysteme der AOSpine [24, 25]. Für Apophysenverletzungen erfolgt die Einteilung nach Tahada und Epstein [26] (► **Tab. 2**).

### Merke

Als allgemeine Instabilittskriterien von Wirbelkörperfrakturen im Kindesalter gelten: Fehlstellung in der Belastungsaufnahme, Wirbelkrperdem größer als zwei Drittel in der kernspintomografischen Bildgebung, Beteiligung einer Bandscheibe, Höhenminderung eines Wirbelkörpers um mehr als 50%, Fragmentdislokation um mehr als 2 mm, Spinalkanaleinengungen von 50%.

## Therapie

Im Vergleich zum Erwachsenen ist bei Kindern mit Verletzungen der Wirbelsäule häufiger eine konservative Therapie möglich. Alle stabilen Frakturen können prinzipiell funktionell nachbehandelt werden. Die im Kindesalter typischen Frakturen der Endplatte (► **Abb. 6**) heilen unter konservativer Therapie meist folgenlos aus. Auch Verlet-



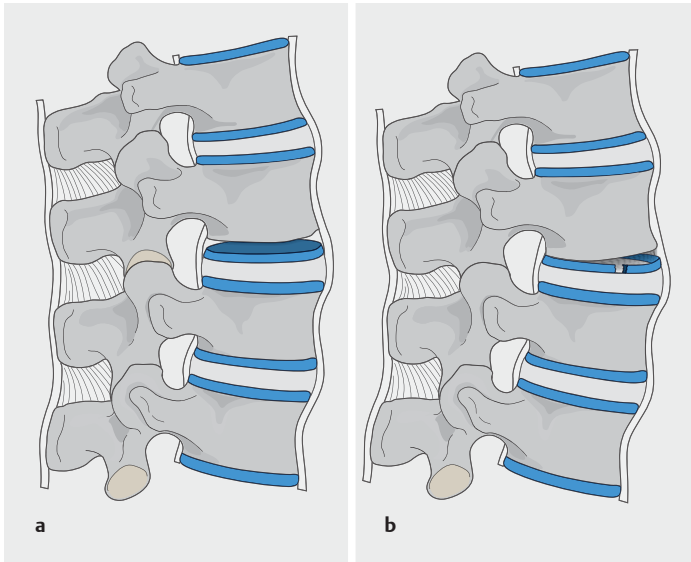
► **Abb. 5** Klassifikation der atlantookzipitalen Dislokation: Normalbefund (a), Dislokation des Kopfes nach ventral (Typ I; b), nach dorsal (Typ II; c) und axial (Typ III; d). Quelle: Nau C, Rose S, Laurer H et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2010; 5: 23–38.

zungen, die eine geringgradige Veränderung des physiologischen Alignments verursachen, können konservativ therapiert werden, da z. B. eine Keilwirbelbildung während des weiteren Wachstums ausgeglichen werden kann. Hier sind allerdings regelmäßige klinische und radiologische Verlaufskontrollen (z. B. nach 1, 3 sowie 6 und 26 Wochen) durchzuführen. Im Gegensatz zum Erwachsenen kann bei Kindern eine durchgeführte Laminektomie schneller zu Deformitäten führen, weshalb die Indikation streng zu stellen ist. Der Erhalt der kompletten Facettengelenke kann die Stabilität erhöhen.

Generell zeigen Kinder mit Verletzungen der Wirbelsäule ein gutes Outcome [27].

## Therapie von Verletzungen der Halswirbelsäule

Die Indikation zur Stabilisierung wird vor allem bei deutlich gestörtem zervikalem Alignment gestellt. Bei Verletzungen der oberen Halswirbelsäule kann oftmals eine Therapie im Halofixateur für 8–10 Wochen erfolgen. Alternativ kann eine okzipitozervikale Instrumentierung Verletzungen wie die atlantookzipitale Dislokation oder

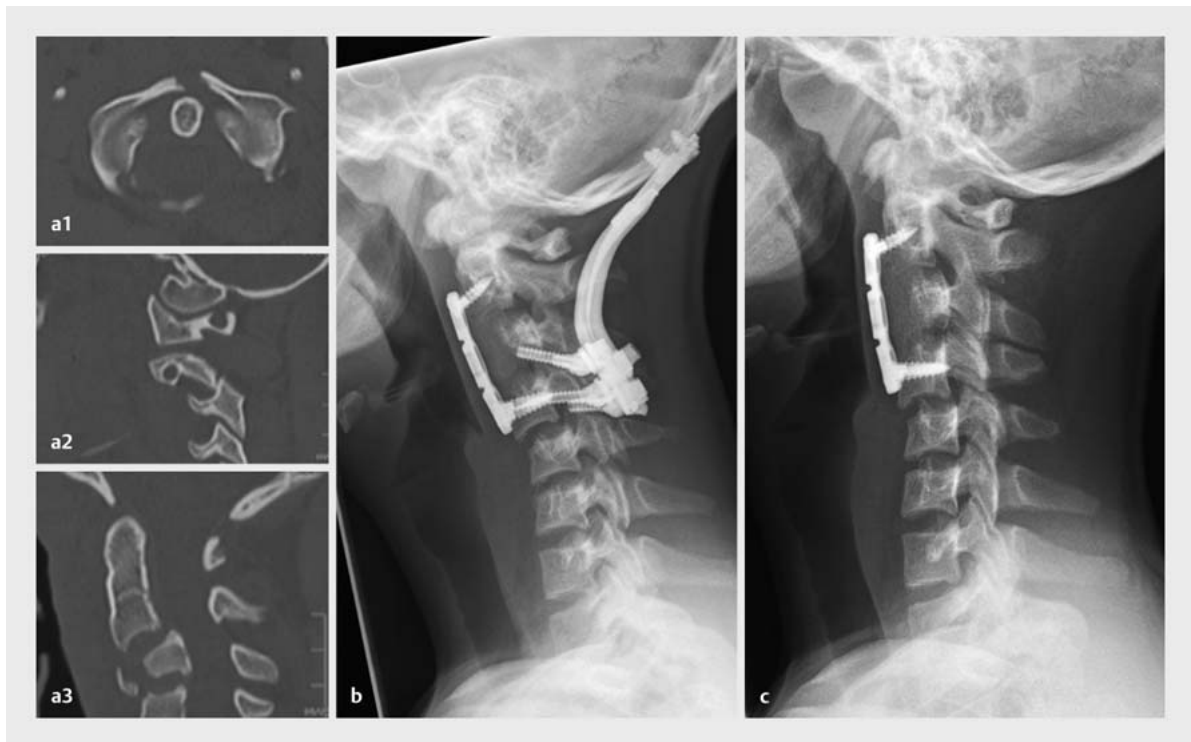


► **Abb. 6** Klassifikation von Wirbelkörperfrakturen im Kindesalter nach Salter und Harris: Lösung der knorpeligen Grundplatte (Salter-Harris I; a) und Abbruch der vorderen Grundplatte (Salter-Harris III; b). Quelle: Nau C, Rose S, Laurer H et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2010; 5: 23–38.

Atlasfrakturen stabilisieren. Bei der translatorischen atlantoaxialen Dislokation (► **Tab. 1**) empfiehlt sich eine Verschraubung des 1. und 2. Halswirbelkörpers, da die Stabilisierung im Halofixateur oftmals nicht gelingt. Auch Dens- und Axisfrakturen können mittels direkter Verschraubung stabilisiert werden. Bei komplexen Verletzungen der oberen Halswirbelsäule (► **Abb. 7 a**) kann auch die kombinierte dorsoventrale Stabilisierung notwendig sein (► **Abb. 7 a**). Im Verlauf wird dann die okzipitovervikale Fixierung wieder freigegeben (► **Abb. 7 c**).

**INFOBOX: POSTTRAUMATISCHES OS ODONTOIDEUM**

Bei initial nicht behandelten Frakturen in der knorpeligen Wachstumszone des Dens axis kann es zur Ausbildung eines posttraumatischen Os odontoidum mit translatorischer Instabilität in sagittaler Richtung kommen. Hier sollte zunächst die Ruhigstellung in einer Orthese für 6 Wochen erfolgen. Bei persistierenden Beschwerden oder Instabilität kann im Verlauf die dorsale Verschraubung des 1. und 2. Halswirbelkörpers erfolgen.



► **Abb. 7** Computertomografische (a) und radiologische Bildgebung im sagittalen Strahlengang (b, c) eines 15-jährigen Jungen mit Atlasfraktur (a1) und Luxation zwischen 1. und 2. Halswirbelkörper (a2) sowie Luxationsfraktur zwischen 2. und 3. Halswirbelkörper (a3). Nach dorsoventraler Stabilisierung und okzipitovervikaler Fixierung (b) kann nach der knöchernen Durchbauung (c) die okzipitovervikale Beweglichkeit wieder freigegeben werden (c).

Frakturen der subaxialen Halswirbelsäule können durch die Anlage eines Halofixateurs für 8 Wochen therapiert werden. Bei persistierender Instabilität kann auch die ventrale (► **Abb. 1**) oder dorsale Stabilisierung erfolgen. Die Spontankorrektur des Alignments ist im Bereich der Halswirbelsäule weniger stark ausgeprägt als in der Brust- und Lendenwirbelsäule, weshalb hier engmaschige Verlaufskontrollen notwendig sind.

## Therapie von Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule

Beträgt die Kyphose im verletzten Segment weniger als 20°, kann eine konservative Therapie erfolgen. Hier wird eine physiotherapeutische Beübung und eine Sportkarenz von 3 Monaten empfohlen. Bei mehreren verletzten Wirbelkörpern mit Keilwirbelbildung kann die Anpassung eines Korsetts für 12 Monate erwogen werden, wenn das Kind das Risser-Stadium 2 noch nicht überschritten hat. In jedem Fall sind klinische und radiologische Verlaufskontrollen notwendig.

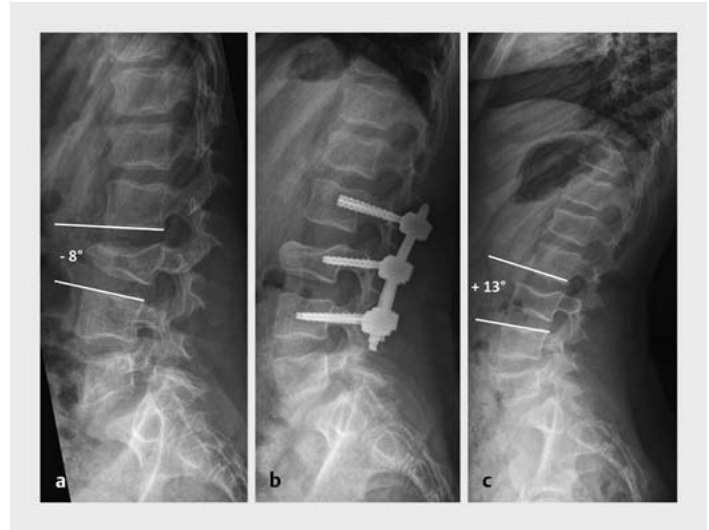
Bei Kindern mit einer Verletzung der Brust- und Lendenwirbelsäule mit der Ausbildung einer posttraumatischen Segmentkyphose von über 20° (► **Abb. 8 a**) und bei Kindern mit einem Alter über 10 Jahre ist die initiale anatomische Rekonstruktion anzustreben, da die Fähigkeit der wachstumsbedingten Spontankorrektur nicht mehr ausreichend ist. In beiden Fällen wird die dorsale Instrumentierung empfohlen (► **Abb. 8 b**), die stets so kurz wie möglich gehalten werden sollte. Eine funktionelle Nachbehandlung ist möglich. Mit dieser Therapie können sehr gute Ergebnisse erzielt werden (► **Abb. 8 c**). Die Spontankorrektur in der Frontalebene ist begrenzt. Bei einseitigen Kompressionsfrakturen, die eine posttraumatische Skoliose initiieren können, sollte ebenfalls frühzeitig an eine operative Stabilisierung gedacht werden [28].

### Merke

**Bei Apophysenverletzung mit begleitender Diskushernie kann die Durchführung einer Diskektomie mit Einbringen eines Bandscheibenersatzes sowie die dorsale Instrumentierung notwendig sein.**

## Fazit

Bei Diagnostik und Therapie der äußerst seltenen Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter ist die genaue Kenntnis der Anatomie und Biomechanik der sich entwickelnden Wirbelsäule unabdingbar. Neben der klinisch-neurologischen Untersuchung erfolgt die Diagnostik hauptsächlich über die Bildgebung mittels Röntgen und Kernspintomografie. Häufig ist bei Kindern mit Wirbelsäulenverletzungen eine konservative Therapie möglich. Bei instabilen Verletzungen kann sowohl an der Halswirbelsäule als auch an der Brust- und Lendenwirbelsäule eine operative Stabilisierung indiziert sein.



► **Abb. 8** Röntgenbilder im Stehen im sagittalen Strahlengang eines 10-jährigen Jungen mit Fraktur des 3. Lendenwirbelkörpers und traumatischer Kyphose > 20° (a). Nach geschlossener Reposition und perkutaner dorsaler Instrumentierung vom 2. auf den 4. Lendenwirbelkörper (b) zeigt sich im Verlauf ein Umbau des Wirbelkörpers, der nahezu seine ursprüngliche Form wieder erreicht (c).

## Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Autorinnen/Autoren



### Michael Kreinest

Dr. med. Dr. rer. nat., Koordinator des Zentrum für Wirbelsäulen Chirurgie, BG Klinik Ludwigshafen



### Sven Y. Vetter

Dr. med., Leiter der Sektion Wirbelsäulen Chirurgie der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie und Leiter des Zentrum für Wirbelsäulen Chirurgie, BG Klinik Ludwigshafen



### Paul A. Grützner

Prof. Dr. med., Direktor der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, BG Klinik Ludwigshafen



### Klaus Wendl

Dr. med., Stv. Leiter der Sektion Wirbelsäulen Chirurgie der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie, BG Klinik Ludwigshafen



**Stefan Matschke**

Dr. med., Praxis für Wirbelsäulen Chirurgie,  
ATOS Klinik Heidelberg

### Korrespondenzadresse

**Dr. Dr. Michael Kreinest**

Zentrum für Wirbelsäulen Chirurgie  
BG Klinik Ludwigshafen  
Ludwig-Guttman-Straße 13  
67071 Ludwigshafen  
Tel.: 06 21/68 100  
Fax: 06 21/68 10 34 56  
michael.kreinest@bgu-ludwigshafen.de

### Literatur

[1] Piatt JH jr. Pediatric spinal injury in the US: epidemiology and disparities. *J Neurosurg Pediatr* 2015; 16: 463–471. doi:10.3171/2015.2.peds1515

[2] Knox JB, Schneider JE, Cage JM et al. Spine trauma in very young children: a retrospective study of 206 patients presenting to a level 1 pediatric trauma center. *J Pediatr Orthop* 2014; 34: 698–702. doi:10.1097/bpo.000000000000167

[3] Basu S. Spinal injuries in children. *Front Neurol* 2012; 3: 96. doi:10.3389/fneur.2012.00096

[4] Kim C, Vassilyadi M, Forbes JK et al. Traumatic spinal injuries in children at a single level 1 pediatric trauma centre: report of a 23-year experience. *Can J Surg* 2016; 59: 205–212

[5] Carreon LY, Glassman SD, Campbell MJ. Pediatric spine fractures: a review of 137 hospital admissions. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17: 477–482

[6] Cirak B, Ziegfeld S, Knight VM et al. Spinal injuries in children. *J Pediatr Surg* 2004; 39: 607–612

[7] Ribeiro da Silva M, Linhares D, Cacho Rodrigues P et al. Paediatric cervical spine injuries. Nineteen years experience of a single centre. *Int Orthop* 2016; 40: 1111–1116. doi:10.1007/s00264-016-3158-7

[8] Platzer P, Jaindl M, Thalhammer G et al. Cervical spine injuries in pediatric patients. *J Trauma* 2007; 62: 389–396. doi:10.1097/01.ta.0000221802.83549.46

[9] Rush JK, Kelly DM, Astur N et al. Associated injuries in children and adolescents with spinal trauma. *J Pediatr Orthop* 2013; 33: 393–397. doi:10.1097/BPO.0b013e318279c7cb

[10] Reynolds R. Pediatric spinal injury. *Curr Opin Pediatr* 2000; 12: 67–71

[11] Mendoza-Lattes S, Besomi J, O’Sullivan C et al. Pediatric spine trauma in the United States—Analysis of the HCUP Kid’s Inpatient Database (KID) 1997–2009. *Iowa Orthop J* 2015; 35: 135–139

[12] Anders JF, Adelgais K, Hoyle JD jr. et al. Comparison of outcomes for children with cervical spine injury based on destination hospital from scene of injury. *Acad Emerg Med* 2014; 21: 55–64. doi:10.1111/acem.12288

[13] Santiago R, Guenther E, Carroll K et al. The clinical presentation of pediatric thoracolumbar fractures. *J Trauma* 2006; 60: 187–192. doi:10.1097/01.ta.0000200852.56822.77

[14] Anderson PA, Muchow RD, Munoz A et al. Clearance of the asymptomatic cervical spine: a meta-analysis. *J Orthop Trauma* 2010; 24: 100–106. doi:10.1097/BOT.0b013e3181b16494

[15] Anderson RC, Kan P, Vanaman M et al. Utility of a cervical spine clearance protocol after trauma in children between 0 and 3 years of age. *J Neurosurg Pediatr* 2010; 5: 292–296. doi:10.3171/2009.10.peds09159

[16] Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB et al. Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group. *New Engl J Med* 2000; 343: 94–99. doi:10.1056/nejm200007133430203

[17] Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL et al. The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 2001; 286: 1841–1848

[18] Slaar A, Fockens MM, Wang J et al. Triage tools for detecting cervical spine injury in pediatric trauma patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 12: CD011686. doi:10.1002/14651858.CD011686.pub2

[19] McCracken B, Klineberg E, Pickard B et al. Flexion and extension radiographic evaluation for the clearance of potential cervical spine injuries in trauma patients. *Eur Spine J* 2013; 22: 1467–1473. doi:10.1007/s00586-012-2598-z

[20] Schrodel M, Hertlein H. [Spinal injuries in children and adolescents]. *Unfallchirurg* 2013; 116: 1054, 1056–1061. doi:10.1007/s00113-013-2459-1

[21] Jimenez RR, Deguzman MA, Shiran S et al. CT versus plain radiographs for evaluation of c-spine injury in young children: do benefits outweigh risks? *Pediatr Radiol* 2008; 38: 635–644. doi:10.1007/s00247-007-0728-2

[22] Salter RB, Harris WR. Injuries involving the epiphyseal plate. *J Bone Joint Surg Am* 1963; 45: 587–622

[23] Savage JW, Moore TA, Arnold PM et al. The reliability and validity of the thoracolumbar injury classification system in pediatric spine trauma. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015; 40: E1014–E1018. doi:10.1097/brs.0000000000001011

[24] Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38: 2028–2037. doi:10.1097/BRS.0b013e3182a8a381

[25] Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE et al. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur Spine J* 2016; 25: 2173–2184. doi:10.1007/s00586-015-3831-3

[26] Epstein NE, Epstein JA, Mauri T. Treatment of fractures of the vertebral limbus and spinal stenosis in five adolescents and five adults. *Neurosurgery* 1989; 24: 595–604

[27] Hadley MN, Zabramski JM, Browner CM et al. Pediatric spinal trauma. Review of 122 cases of spinal cord and vertebral column injuries. *J Neurosurg* 1988; 68: 18–24. doi:10.3171/jns.1988.68.1.0018

[28] Angelliaume A, Bouty A, Sales De Gauzy J et al. Post-trauma scoliosis after conservative treatment of thoracolumbar spinal fracture in children and adolescents: results in 48 patients. *Eur Spine J* 2016; 25: 1144–1152. doi:10.1007/s00586-014-3744-6

### Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0592-8571>  
OP-JOURNAL 2018; 34: 261–268 © Georg Thieme Verlag KG  
Stuttgart · New York ISSN 0178-1715