

# Wirbelsäulentrauma im Kindes- und Jugendalter

*Jan-Sven Jarvers  
Stefan Matschke  
Christoph-E. Heyde  
Michael Kreinest*

VNR: 2760512020158722591

DOI: 10.1055/a-0926-0217

Orthopädie und Unfallchirurgie *up2date* 2020; 15 (3): 279–297

ISSN 1611-7859

© 2020 Georg Thieme Verlag KG

## Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

**Infektionen der Wirbelsäule – Spondylodiszitis** D. Akgün,  
K. Labbus, M. Putzier Heft 2/2020

**Die idiopathische Skoliose** V. Bullmann, U. Liljenqvist  
Heft 6/2019

**Sagittale Balance und posttraumatische Kyphose – Teil 2**  
A. Pingel, P. Schleicher, M. Scholz, F. Kandziora Heft 2/2019

**Operative Therapieoptionen bei extraduralen spinalen  
Metastasen** Christoph-E. Heyde Heft 6/2018

**Sternumfrakturen – Rippenfrakturen** S. Hackl, M. T. Berninger,  
C. Erichsen, M. Lang, A. Woltmann Heft 6/2018

**Sagittale Balance und posttraumatische Kyphose – Teil 1**  
A. Pingel, J. Franke, F. Kandziora Heft 2/2018

**Nicht spezifischer Rückenschmerz** H. Bork Heft 6/2017

**Assessment und multimodale Schmerztherapie beim  
chronischen Rückenschmerz** H.-R. Casser Heft 6/2017

**Akutrehabilitation querschnittverletzter Patienten** F. Högel,  
R. Patrick Esser, V. Bühren Heft 5/2017

**Verletzungen des Rückenmarks – Akutbehandlung** F. Högel,  
J. Vastmans, M. Vogel, V. Bühren Heft 6/2016

**Der lumbale Bandscheibenvorfall** H. Mayer, F. Heider  
Heft 6/2016

**Die AOSpine-Klassifikation thorakolumbalen Verletzungen**  
F. Kandziora, P. Schleicher, M. Reinhold, K. Schnake, M. Scholz  
Heft 5/2016

**Untersuchung der Halswirbelsäule** C. Josten, C. Heyde,  
J.-S. Jarvers Heft 1/2016

**Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule** M. Scholz,  
P. Schleicher, F. Kandziora Heft 6/2015

**Intraspinale Raumforderungen** M. Wostrack, B. Meyer  
Heft 6/2015

**Untersuchungen der Brust- und Lendenwirbelsäule** F. Heider,  
C. Siepe Heft 6/2015

**Die Skoliose im Wachstumsalter** P. Bernstein, J. Seifert  
Heft 4/2015

**Multimodale interdisziplinäre Therapie beim chronischen  
Rückenschmerz** J. Mallwitz, T. Dörner, M. Richter Heft 6/2014

**Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule**  
O. Gonschorek, V. Bühren Heft 6/2014

**Die lumbale Spinalkanalstenose** U. Liljenqvist Heft 2/2014

**Diagnostik und konservative Therapie von lumbalen Rücken-  
schmerzen** W. Beyer Heft 6/2013

**Frakturen der unteren Lendenwirbelsäule** K. Schnake,  
F. Kandziora Heft 4/2013

**Spondylitis und ihre Differenzialdiagnosen** R. Erlemann,  
A. Hoogveen Heft 4/2013

**Verletzungen und Erkrankungen der oberen HWS (C0–C2)**  
J. Madert, K.-H. Frosch, T. Niemeyer Heft 2/2013

**Bandscheibenendoprothetik und andere bewegungserhaltende  
Stabilisierungsverfahren der Lendenwirbelsäule – klinische  
Aspekte** W. Käfer, H.-J. Wilke, B. Cakir Heft 2/2012

**Infektionen der Wirbelsäule** S. Mörk, R. Kothe, C. Ulrich  
Heft 5/2011

**Injektionstherapie an der Wirbelsäule** J. Artner, P. Nichterlein,  
B. Cakir, H. Reichel Heft 4/2011

**Subaxiale degenerative Instabilität und spondylootische Myelo-  
pathie** O. Meier, J. Zenner, L. Ferraris, A. Hempfing, H. Koller  
Heft 2/2011

### ALLES ONLINE LESEN



Mit der eRef lesen  
Sie Ihre Zeitschrift:  
online wie offline,  
am PC und mobil,

alle bereits erschienenen Artikel.  
Für Abonnenten kostenlos!  
<https://eref.thieme.de/ou-u2d>

### IHR ONLINE-SAMMELORDNER



Sie möchten jederzeit  
und überall auf Ihr  
up2date-Archiv zu-  
greifen? Kein Problem!

Ihren immer aktuellen Online-  
Sammelordner finden Sie unter:  
<https://eref.thieme.de/SZ3FY>

### JETZT FREISCHALTEN



Sie haben Ihre Zeit-  
schrift noch nicht  
freigeschaltet?  
Ein Klick genügt:

[www.thieme.de/eref-registrierung](http://www.thieme.de/eref-registrierung)

# Wirbelsäulentrauma im Kindes- und Jugendalter

Jan-Sven Jarvers, Stefan Matschke, Christoph-E. Heyde, Michael Kreinest



Verletzungen der Wirbelsäule bei Kindern sind selten. Die Art, die Lokalisation des Traumas sowie die zugrunde liegenden Ursachen variieren mit dem Lebensalter. Anatomische Charakteristika stellen besondere Herausforderungen an die Diagnostik und Therapie. Aufgrund der biomechanischen Besonderheiten der heranwachsenden Wirbelsäule können im Vergleich zum Erwachsenen etablierte Therapien nicht undifferenziert übernommen werden.

## ABKÜRZUNGEN

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
BWS	Brustwirbelsäule
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
LWS	Lendenwirbelsäule
SCIWORA	Spinal Cord Injury without radiologic Abnormalities

## Anatomische Besonderheiten der kindlichen Wirbelsäule

### Merke

**Aufgrund der anatomischen Besonderheiten der kindlichen Wirbelsäule sind sowohl für die Diagnostik als auch Therapie Kenntnisse über die anatomischen Besonderheiten der wachsenden Wirbelsäule obligat.**

### Ossifikation der Wirbelkörper

Um die Interpretation von Apophysen als Frakturen zu verhindern, müssen die Grundsätze der Ossifikation der Wirbelkörper bekannt sein.

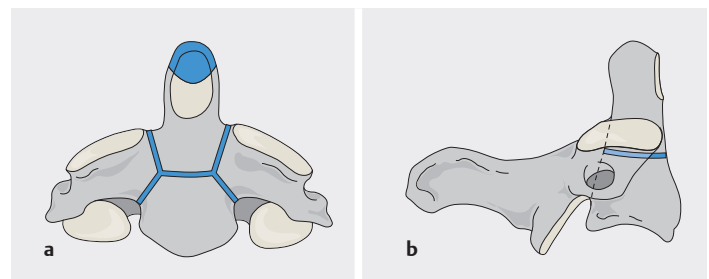
So weist der Atlas 3 Ossifikationszentren auf. Um das 3. Lebensjahr herum erfolgt der dorsale, der ventrale Bogenschluss hingegen erst um das 7. Lebensjahr herum. Der Axis weist 4 Ossifikationszentren auf. Der Dens ist vom Wirbelkörper durch eine dentozentrale Synchondrose getrennt, die normalerweise zwischen dem 5. und 7. Lebensjahr verschwindet (► **Abb. 1**).

## Epidemiologie und Ätiologie

Wirbelsäulenverletzungen werden in der Literatur mit 1–4% aller Frakturen bei Kindern und Jugendlichen angegeben. Bei Kindern unter dem 10. Lebensjahr ist am häufigsten die Halswirbelsäule (HWS) betroffen, wovon zwei Drittel dieser Verletzungen in der oberen HWS lokalisiert sind [1]. Im Vergleich zum Erwachsenen ist die Mortalität im Kindesalter erhöht.

Verletzungen der Wirbelsäule bedürfen meist einer massiven Gewalteinwirkung. In rund zwei Drittel der Fälle zeigen sich relevante Begleitverletzungen des Schädels, des Thorax oder der Extremitäten [2]. Erwartungsgemäß finden sich neurologische Ausfälle eher bei Verletzungen der HWS, werden aber insgesamt in der Literatur eher selten angegeben. So betreffen nur etwa 2–8% aller Rückenmarkverletzungen Kinder.

Die Unfallursache ist abhängig vom Alter. Bis zum 2. Lebensjahr dominieren Geburtstraumata, ab dem 3. Lebensjahr sind Stürze, Verkehrsunfälle, aber auch Kindesmisshandlungen führend, wohingegen bei den Adoleszenten meist Sport- und Verkehrsunfälle die Ursache sind.



► **Abb. 1** Synchondrosen und Ossifikationszentren des 2. Halswirbelkörpers (Quelle: Nau C, Rose S, Laurer H et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2010; 5: 23–38).  
a Frontale Ansicht.  
b Seitliche Ansicht.

**Merke**

Die Synchronose des Dens kann durchaus auch über Jahre als röntgentransparente Struktur bestehen und wird häufig als Fraktur fehlinterpretiert.

Die Fusion mit dem Ossifikationszentrum an der Densspitze erfolgt erst mit dem 12. Lebensjahr.

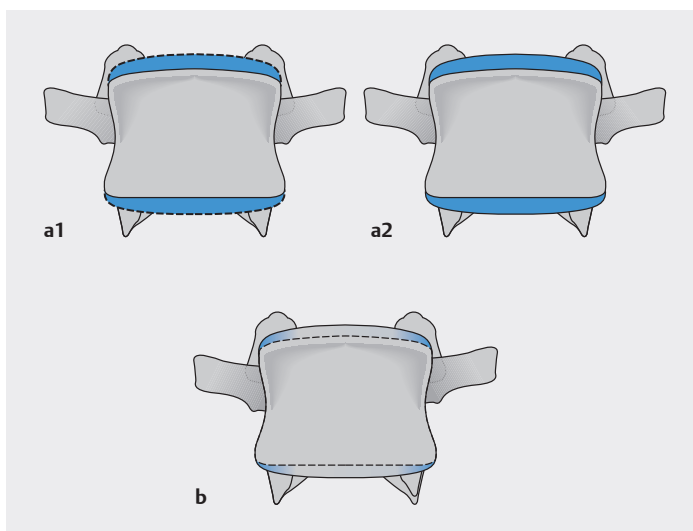
Kaudal des 3. Wirbelkörpers verknöchern alle Wirbelkörper uniform. Ein Ossifikationszentrum entsteht im Wirbelkörper, zwei weitere in den Wirbelbögen. Die Ossifikation erfolgt zunächst nach kranial und kaudal und ab dem 2. Lebensjahr nach vorn und in die Breite. Ab dem 5. bis 6. Lebensjahr ossifiziert die ventrale neurozentrale Synchronose. Der Spinalkanal hingegen schließt sich variabel (zervikal: 6.–7. Lebensjahr; thorakal: 7.–9. Lebensjahr; lumbal: 9.–10. Lebensjahr).

In der zervikalen und thorakalen Wirbelsäule erscheinen während der Adoleszenz fünf weitere sekundäre Ossifikationszentren:

- an den Spitzen der Dornfortsätze (Fusion mit 25 Jahren),
- an den Querfortsätzen (Fusion in der Pubertät) und
- an den Grenzen zu den oberen und unteren Endplatten (sog. Ringapophyse; ► **Abb. 2**).

**Form der Wirbelkörper**

Die physiologische anteriore Keilform der Wirbelkörper zeigt sich typischerweise bei jüngeren Kindern und sollte nicht mit Frakturen verwechselt werden (► **Abb. 3**).



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

**Merke**

90% der Kinder bis zu einem Alter von 2 Jahren zeigen ein physiologisches Auseinanderweichen der Massae laterales des Axis bis 6 mm.

**Bandapparat der Wirbelsäule**

Auch die ligamentären und muskulären Besonderheiten sind zu beachten: Beim Kleinkind artikuliert der Kopf mit dem Atlas horizontal. Die horizontalen und noch flachen Facettengelenke werden hier von einem schwachen Muskelapparat mit laxen Bandstrukturen bei großer Kopf-Körper-Relation gehalten. Das Lig. cruciforme atlantis verbindet Dens axis und vorderen Atlasbogen. Sekundäre Stabilisatoren sind die paarigen Ligg. alaria, die vom seitlichen Dens zum Foramen magnum, medial zu den Okzipitalkondylen und zum vorderen Atlasbogen ziehen. Mit zunehmendem Wachstum vergrößern sich die Neigungswinkel der Gelenkflächen, wodurch eine höhere knöcherne Stabilität resultiert. Zudem nimmt auch die muskuloligamentäre Stabilität zwischen dem 8. und 10. Lebensjahr zu.

**Merke**

Aufgrund der größeren Beweglichkeit der Halswirbelsäule bei Kindern bis zum 8. Lebensjahr können häufig physiologische Pseudoluxationen zwischen den ersten beiden Halswirbelkörpern (atlantodentaler Abstand  $\leq 5$  mm) sowie zwischen dem 2. und dem 3. Halswirbelkörper (► **Abb. 3**) beobachtet werden.

**Diagnostik****Anamnese**

Die Anamnese gibt nach Unfällen wichtige Hinweise auf die Verletzungsart. Durch die Bewertung des Unfallmechanismus sind Rückschlüsse auf die Wahrscheinlichkeit einer Wirbelsäulenverletzung möglich, zudem werden vorangegangene Operationen oder Vorerkrankungen erfragt.

**Klinische Untersuchung**

Grundvoraussetzung für die Diagnosestellung ist eine umfassende körperliche Untersuchung des Kindes. Die Inspektion auf Verletzungszeichen, Verformungen und das Abtasten (Druck und Klopfschmerz, Stufen, Versetzungen, tastbare Lücken zwischen Dornfortsätzen, Hämatome, Kontusionen, Muskelhartspann) des gesamten Rückens vervollständigen die Basisuntersuchung [3]. Ist die Palpation der gesamten Wirbelsäule schmerzfrei, kann die Prüfung der Beweglichkeit folgen. Gerade bei den häufigen Verletzungen der oberen HWS im Kleinkindalter muss eine Verweigerung der Beweglichkeit ernst genommen werden. Zudem kann sich eine Schiefhaltung oder Rotationsfehlstellung des Kopfes zeigen.



► **Abb. 3** Halswirbelsäule bei einem 35-monatigen Mädchen (Quelle: Kreinest M, Vetter SY, Grützner PA et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter – Konzepte zu Diagnostik und Therapie. OP-Journal 2018; 34: 261–268).  
 a Seitliches Röntgenbild mit typischer Keilform der Wirbelkörper.  
 b In der Vergrößerung zeigt sich eine physiologische Pseudoluxation zwischen 2. und 3. Halswirbelkörper von < 5 mm.  
 c Bei älteren Kindern (13-jähriges Mädchen) bestehen die Keilform der Wirbelkörper und die Pseudoluxation nicht mehr.

### Merke

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

Auch muss eine orientierende neurologische Untersuchung der Sensibilität, der Motorik und der Reflexe erfolgen. Ein segmentbezogenes neurologisches Defizit kann Hinweise auf das Vorliegen einer Rückenmark-, Nervenwurzel- oder Plexusverletzung geben. Die entsprechende Höhe sowie das Ausmaß der Läsion können eingrenzend bestimmt werden.

Beim bewusstlosen Kind bzw. Kleinkind ist eine Wirbelsäulenverletzung klinisch oft schwer fassbar. Dennoch können ein schlaffer Muskeltonus, insbesondere auch des Analsphinkters, die reine Bauchatmung, eine fehlende Schmerzabwehr und ein Priapismus auf eine Querschnittslähmung hinweisen.

### Bildgebende Diagnostik

#### Röntgen

Zur Standarddiagnostik bei Verdacht auf eine Wirbelfraktur im Wachstumsalter gehört beim Monotrauma, auch wegen der guten Verfügbarkeit, zunächst die Röntgendiagnostik des entsprechenden Wirbelsäulenabschnittes

### PRAXIS

#### Interpretation der HWS-Röntgenbilder

- Würdigung der physiologischen Knochenkerne und Synchondrosen (► **Abb. 1, Abb. 2**)
- Würdigung der Verschmelzung der Knochenkerne und des Verschlusses der Synchondrosen
- Beachtung der besonderen und leicht zu übersehenden Verletzungsmuster im Bereich der Synchondrosen und Apophysen
- Beachtung der initial physiologischen Keilform der Wirbelkörper (► **Abb. 3**)
- Beachtung des physiologischen Stufenphänomens bei HWK 2/ HWK 3 (► **Abb. 3**)
- Beachtung des möglichen physiologischen Auseinanderweichens der Massae laterales des Atlas bis zum Alter von 2 Jahren in der Frontalebene
- Beachtung des normalen Atlas-Dens-Intervall von  $\leq 4$  mm (atlantoaxiale Pseudoluxation)
- Beachtung des normalen Basion-Dens-Intervalls von  $\leq 5$  mm (s. u.: ► **Abb. 7**)
- Beachtung des prävertebralen Weichteilschattens von  $\leq 8$  mm bei HWK 2 und von  $\leq 14$  mm bei HWK 6

in 2 Ebenen. Im Bereich der HWS sollte bei älteren Kindern zusätzlich eine Zielaufnahme des Dens axis durchgeführt werden.

Bei der Interpretation der angefertigten Röntgenbilder sollten die in der Infobox aufgeführten Details beachtet werden.

Besteht aufgrund der klinischen Untersuchung der begründete Verdacht auf eine Wirbelsäulenverletzung, kann auch über die Durchführung einer kernspintomografischen Bildgebung als initiale bildgebende Diagnostik nachgedacht werden.

### Computertomografie (CT)

#### Merke

**Bei Mehrfachverletzungen, komplexem Verletzungsmechanismus oder kreislaufinstabilen, intubierten Kindern wird eine komplette CT-Abklärung (Schädel, HWS und thorakoabdominal) mit Kontrastmittel durchgeführt.**

Verbesserte Low-Dose-Protokolle können hier für eine Reduzierung der Strahlenbelastung sorgen [6]. Zum Ausschluss von Gefäßverletzungen ist an die angiografische Darstellung der A. vertebralis zu denken, vor allem bei Frakturstreuung in das Foramen transversarium oder Facettengelenkfrakturen [6].

Die Computertomografie ist darüber hinaus bei Kompressionsfrakturen zur Planung einer operativen Therapie hilfreich. Besteht im konventionellen Röntgenbild der Verdacht auf eine Luxation, ist eine CT mit multiplanarer Rekonstruktion und ggf. die dreidimensionale Darstellung notwendig.

### Kernspintomografie (MRT)

Diskoligamentäre Verletzungen lassen sich in der MRT am sichersten detektieren. Auch zeigen sich Ödeme in den Wirbelkörpern, welche die Diagnose von seriellen Kompressionsfrakturen (► **Abb. 4a**) zulassen. Allerdings handelt es sich bei der MRT um eine sehr aufwendige Untersuchung, da sie oft nur in Narkose erfolgen kann.



► **Abb. 4** Die kernspintomografische Bildgebung bei Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter.  
 a Serielles Knochenmarködem in den Brustwirbelkörpern 7–10 (Pfeile) bei einem 4-jährigen Mädchen.  
 b Ganzkörper-MRT zur initialen Bildgebung nach Kindesmissbrauch bei einem 11 Monate alten Jungen.

### Merke

Die MRT ist bei Vorliegen neurologischer Symptome eine Standarduntersuchung, darf aber bei eindeutigen Befunden, wie etwa einer knöchernen fragmentbedingten Spinalkanalverlegung, die indizierte operative Intervention nicht verzögern.

In Ausnahmefällen kann bei Kindern die MRT bei unklaren Unfallmechanismen auch als initiale Bildgebung herangezogen werden (► **Abb. 4b**). So kann die Strahlenbelastung reduziert werden.

### PRAXIS

#### SCIWORA

Eine Rückenmarkverletzung ohne Nachweis von Veränderungen in der Bildgebung wird als SCIWORA („spinal cord injury without radiologic abnormalities“) bezeichnet. Aufgrund der verbesserten MRT-Bildgebung kann allerdings immer öfter eine ursächliche Pathologie diagnostiziert werden [7].

### Dynamische Röntgenuntersuchung

Da sowohl das Röntgenbild als auch die Schnittbildgebung eine statische Momentaufnahme wiedergibt, kann bei verbleibender Unklarheit bzw. vorliegenden Verletzungen die dynamische, ärztlich geführte Durchleuchtung Sicherheit über eine eventuelle Instabilität bzw. deren Ausmaß geben. Auf diese Weise können gerade bestehende Instabilitäten der Wirbelsäule von Pseudoluxationen abgegrenzt werden (► **Abb. 5**).

So kann z. B. ein Ventralversatz eines Wirbelkörpers gegenüber dem nächsten eine knöcherne oder ligamentäre Verletzung vermuten lassen. Allerdings kann ein Ventralversatz von  $\leq 3$  mm vor allem in der oberen HWS im Kindesalter noch physiologisch sein [4]. Diese Pseudosubluxation wird zumeist in den Segmenten HWK 2/3 und HWK 3/4 gesehen. Normalerweise zeigt sich diese anteriore Subluxation sowohl in neutraler Position als auch in Flexion und reduziert sich bei Extension [5].

### Cave

Statische Funktionsaufnahmen in Flexion und Extension ohne Führung des Untersuchers werden explizit nicht empfohlen.

### FALLBEISPIEL

Ein 13-jähriges Mädchen stellt sich nach einem Pferdesturz in der Notfallambulanz vor. Die Anamnese ergibt einen Sturz mit dem Kopf auf den Boden. Die junge Patientin klagt über Schmerzen im Bereich der oberen Halswirbelsäule und über einige Schürfwunden an den Extremitäten. Die klinische Untersuchung zeigt keine neurologischen Defizite.

In der initialen radiologischen Diagnostik ist eine gering dislozierte Fraktur des Dens axis zu finden (► **Abb. 8**). Die CT-Bildgebung bestätigt diesen Befund. Es erfolgen die geschlossene Reposition und die Anlage eines Halo-Fixateurs (► **Abb. 6b**) in Narkose, was zur kompletten Ausheilung führt (► **Abb. 3c**).



► **Abb. 5** Durchleuchtung der Halswirbelsäule eines 12-jährigen Mädchens Neutralstellung (a), Extension (b) und Flexion (c) mit Instabilität zwischen 4. und 5. Halswirbelkörper (Quelle: Kreinest M, Vetter SY, Grützner PA et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter – Konzepte zu Diagnostik und Therapie. OP-Journal 2018; 34: 261–268).

- a Neutralstellung.
- b Extension.
- c Flexion.

## Verletzungen der oberen HWS

### Okzipitale Kondylenfrakturen

Okzipitalkondylenfrakturen sind sehr selten bei Kindern und werden oft nur im Rahmen von Feinschicht-CT-Aufnahmen diagnostiziert. Nach Anderson und Montesano unterscheidet man 3 Typen:

- Impaktionsfrakturen,
- Schädelbasisfrakturen mit Frakturlinie durch die Okzipitalgelenkstrukturen,
- Avulsionsfrakturen.

In der Regel ist eine kurze Ruhigstellung mittels Zervikalorthese ausreichend. Bei größerer Asymmetrie der Gelenkflächen bzw. bei größerer Dislokation ist eine Fixierung mittels Halo-Fixateur notwendig (► Abb. 6).

Kreuzt die Fraktur das Neuroforamen der Schädelbasis, können durch eine sekundäre Kompression nach Kallusbildung [8] neurologische Defizite an Hirnnerven auch nach längerer Latenz von bis zu 3 Monaten auftreten.

### Atlantookzipitale Instabilität

Atlantookzipitale Verletzungen werden besonders durch starke Dezelerationstraumata ausgelöst. Bei kleinen Kindern kommt es durch den im Verhältnis zum Körper relativ großen Kopf zu starken Beschleunigungskräften. Durch die kondyläre Struktur wird die Stabilität des atlantookzipitalen Gelenks hauptsächlich ligamentär durch die Lig. alaria und die Membrana tectoria als Verlängerung des hinteren Längsbandes gesichert, sodass bei entsprechenden Unfallmechanismen hohe Scherkräfte nicht abgefangen werden können. Dies führt dann zu einer Separation zwischen Kopf und Wirbelsäule (► Abb. 7). Hierdurch kommt es sehr häufig zu neurologischen Schäden bis hin zur Myelonzerreißung.

#### Merke

Durch die steigende Kenntnis dieser Verletzung und der verbesserten präklinischen und initialen klinischen Maßnahmen wird diese Verletzung zunehmend überlebt.



► **Abb. 6** Die Therapie von Verletzungen der Halswirbelsäule erfolgt im Kindes- und Jugendalter häufig im Halo-Fixateur (Quelle: Jarvers JS, Völker A, von der Höh N et al. Verletzungen der Halswirbelsäule im Kindes- und Jugendalter. Die Wirbelsäule 2017; 1: 171–182).

a 8-jähriger Junge.

b 13-jähriges Mädchen.



Nicht alle Patienten zeigen neurologische Ausfälle, auch unspezifische Symptome wie Übelkeit, Kopfschmerzen, Schiefhals, aber auch Hirnnervenausfälle sowie motorische oder sensorische Defizite können auftreten.

Als instabile ligamentäre Verletzung ist dieses Trauma eine Domäne der operativen Versorgung, da wegen mangelnder Erfolgsaussichten eine rein konservative Therapie ungeeignet ist. Die Fusion vom Okziput auf HWK 1 ist anzustreben und erfolgt in der Regel durch Luque-Drähte, Cerclagen oder durch ein Schrauben-Stab-System mit ggf. additiver Knochenanlagerung. Bei kleinen Kindern mit noch nicht voll ausgebildetem dorsalem Atlasbogen muss ggf. bis auf C2 oder auch längerstreckig instrumentiert werden [9].

## Frakturen des Atlas

Verletzungen des Atlasbogens entstehen durch axiale Krafteinwirkungen.

### TIPP

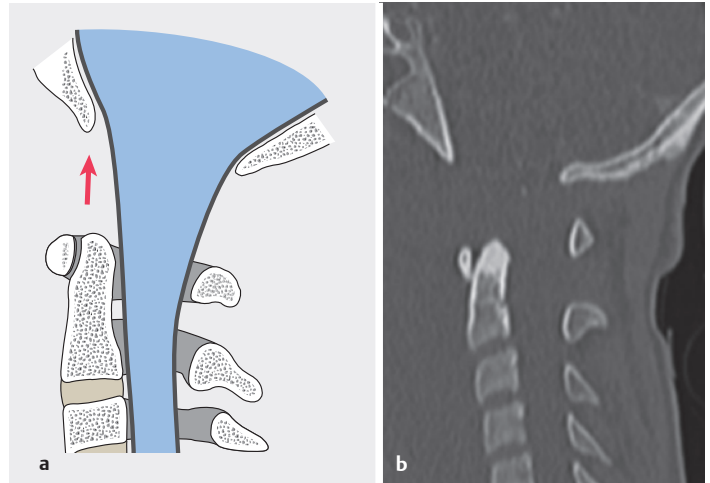
In der Frontalebene spricht ein addierter Gesamtüberstand der Massae laterales des Atlas um mehr als 7 mm über die seitliche Begrenzung des Axis für eine instabile Atlasfraktur mit Verletzung vom Lig. transversum [10], wobei ein Auseinanderweichen bis 6 mm physiologischerweise bei 90% der 2-jährigen Kinder gefunden wird und bis zum Alter von 7 Jahren auftreten kann [5].

Die Klassifikation erfolgt nach Gehweiler, wobei vor allem die Unterscheidung zwischen stabilem Typ 3a (ohne Verletzung des Lig. transversum) und instabilem Typ 3b (mit Verletzung des Lig. transversum) hervorzuheben ist.

Die Therapie besteht überwiegend in einer Ruhigstellung mittels semirigider Orthese, seltener durch Anlage eines Halo-Fixateurs. Operative Fusionen oder direkte Verschraubungen sind im Kindesalter meist nur bei anhaltender Instabilität notwendig.

### TIPP

Sowohl die Halo-Ringe als auch die Westen müssen der Körpergröße der Kinder angepasst werden. Bei der Anlage des Halo-Fixateurs werden die bekannten Pin-Eintrittspunkte genutzt. Bei Kindern werden mehr Pins als beim Erwachsenen eingesetzt. Diese müssen streng rechtwinklig zum Knochen eingebracht werden. Das Drehmoment ist entsprechend anzupassen.



► **Abb. 7** Axiale atlantookzipitale Dislokation (Typ 3) mit Vergrößerung des Basion-Dens-Abstandes im Jugendalter.  
a Schematische Darstellung (Quelle: Nau C, Rose S, Laurer H et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2010; 5: 23–38).  
b 16-jähriger männlicher Patient.

## Atlantoaxiale Subluxation

Die Subluxation im atlantoaxialen Segment ist eine der häufigsten Ursachen des kindlichen Schiefhalses. Die überwiegende Rotationsbewegung der HWS wird im Segment HWK 1/2 ausgeführt. Aufgrund der sehr flach ausgebildeten Gelenkflächen und der großen Gelenkbeweglichkeit können insbesondere Kinder eine Subluxation erleiden.

Klinisch zeigt sich das typische Bild der Rotation zu einer Seite mit Kopfneigung zur Gegenseite. Bei Bewegung in die Normalposition werden Schmerzen angegeben, wohingegen oft eine Verstärkung der Rotation oder Seitneigung möglich sind.

### Merke

**Nach einem Infekt der oberen Atemwege als häufigste Ursache (Grisel-Syndrom) ist das Trauma der zweithäufigste Auslöser einer atlantoaxialen Subluxation.**

Die einseitige Facettengelenkssubluxation ist am häufigsten und fast immer verbunden mit einer Rotation. Diese Verletzung gilt als gut therapierbar. Beidseitige Sub- oder komplette Luxationen mit Ventralversatz der Massa lateralis von > 3 mm sind deutlich schwerwiegender. Hier ist das Lig. transversum elongiert oder rupturiert und wirkt somit nicht mehr stabilisierend.

Wichtig sind anterior-posteriore und transorale Aufnahmen bei bestmöglicher Neutralposition des Kopfes. Mittels 3-D-CT-Rekonstruktionen kann die Fehlstellung am besten detektiert werden.

Eine frische traumatische atlantoaxiale Subluxation wird in Kurznarkose bei relaxiertem Kind über eine transorale digitale Manipulation reponiert. Im Anschluss hieran erfolgt eine Ruhigstellung in einem semirigiden Kragen für 4 Wochen. Eine operative Therapie mit dorsaler Spondylodese ist nur in Ausnahmefällen bei veralteten Luxationen mit persistierender Instabilität erforderlich. So kann die Neutralposition des Kopfes wiederhergestellt werden und dem muskulären Hartspann entgegengewirkt werden, welcher sich infolge der Fehlrotation ausbildet [12].

## Frakturen des Dens axis

Dens-axis-Frakturen zählen zu den häufigsten Frakturen im Bereich der Halswirbelsäule. Ursächlich sind zumeist Autounfälle oder Stürze aus größerer Höhe mit Gewaltwirkung auf den Kopf. Meist werden Schmerzen im Nacken angegeben. Klinisch vermeiden es die Kinder, den Kopf aktiv zu reklinieren, und wehren sich bei dem Versuch entsprechender Funktionsüberprüfungen.

### Merke

Häufig verläuft die Verletzung im Bereich der Synchondrose, also etwas kaudal der Basis des Dens.



► **Abb. 8** Dislozierte Fraktur des Dens axis bei einem 13-jährigen Mädchen in der Röntgen- und CT-Diagnostik.

- a Transorales Röntgenbild.
- b Seitliches Röntgenbild.
- c Koronare CT-Rekonstruktion.
- d Sagittale CT-Rekonstruktion.

Für gewöhnlich ist der Dens bei Frakturen nach anterior verschoben. Oft bleibt hierbei der ventrale Periostschlauch intakt und sorgt für eine gewisse Reststabilität sowie für eine gute Konsolidierungstendenz während der Ruhigstellung. Wachstumsstörungen im Verlauf werden eher nicht beobachtet.

Diagnostisch kann die anterior–posteriore Röntgenaufnahme unauffällig erscheinen, im seitlichen Röntgen lässt sich die Fraktur aber meist klar darstellen (► **Abb. 8**, obere Reihe). Wenn die Verletzung durch die Synchondrose verläuft und sich spontan reponiert hat, kann jedoch die Röntgenaufnahme täuschen [8]. Um die Diagnose zu sichern, ist eine Schnittbildgebung (► **Abb. 8**, untere Reihe) notwendig.

Neurologische Defizite sind bei dieser Verletzung selten und dann eher als Folge einer gleichzeitigen Zerrung des Myelons zu werten.

Bei stärker dislozierten Frakturen ist ggf. eine Reposition in Narkose mit Extension notwendig, ggf. mittels transoralem Repositionsmanöver. Es sollte dann eine Ruhigstellung durch den Halo-Fixateur für 6–8 Wochen durchgeführt werden. Bei guter Compliance und wenig dislozierten Frakturen kann die Therapie mittels Zervikalorthese erwogen werden. Aufgrund der guten Ergebnisse der konservativen Therapie sind operative Versorgungen mit osteosynthetischer Verschraubung oder Fusionsoperationen in aller Regel nicht notwendig.

### Hanged-Man-Fracture (traumatische Spondylolyse)

Durch ein Hyperextensionstrauma kann es auch bei Kindern zur beidseitigen traumatischen Spondylolyse des HWK 2 bzw. zur traumatischen Spondylolisthese HWK 2/3 („Hanged-Man Fracture“) kommen. Diese Verletzungen sind insgesamt sehr selten. Klinisch imponieren Nackenschmerzen und das Vermeiden von jeglichen Bewegungen der HWS.

Radiologisch zeigen sich eine Lücke oder Aufhellungslinien ventral der Pedikel des 2. HWK. Bei ligamentärer oder diskaler Beteiligung kann sich zusätzlich ein Versatz des HWK 2 gegenüber HWK 3 zeigen. Die Einteilung erfolgt nach Effendi bzw. Josten.

Die Therapie besteht in einer Ruhigstellung für 8–12 Wochen mittels Halo-Fixateur. Eine ventrale oder dorsale Stabilisierung ist im Kleinkindalter nur bei ausbleibender Konsolidierung und im höheren Alter bei hoher Instabilität notwendig, dann ggf. mit ventraler Fusion.

## Verletzungen der subaxialen HWS

### FALLBEISPIEL

Ein 16-jähriges Mädchen wird nach einem Motorradsturz durch den Rettungsdienst in der Notfallambulanz vorgestellt. Der Sturz hatte unbeobachtet stattgefunden, und bei der Patientin besteht eine retrograde Amnesie zum Unfallereignis. Die Patientin gibt Schmerzen im Bereich der unteren Halswirbelsäule an. Bei der klinischen Untersuchung werden gering ausgeprägte Sensibilitätsstörungen an den Oberarmen beidseits gefunden. Die initiale Röntgenuntersuchung zeigt eine Fraktur des 5. Halswirbelkörpers (► **Abb. 10 a**) Typ A4 nach der AO Spine-Klassifikation. Die weiterführende MRT-Bildgebung zeigt darüber hinaus eine Beteiligung der angrenzenden Bandscheiben (► **Abb. 10 b**). Es wird deshalb die Indikation zur operativen Therapie im Sinne einer Implantation eines Wirbelkörperersatzes des HWK 5 nach partieller Korporektomie und Diskektomie gestellt (► **Abb. 10**).

Subaxiale Verletzungen von HWK 3 bis HWK 7 treten eher bei jugendlichen Patienten auf. Aufgrund der Kombination aus morphologischen und klinisch-neurologischen Kriterien wird dann die AO Spine-Klassifikation für subaxiale HWS-Verletzungen empfohlen [13]. Hier erfolgt die Einteilung in

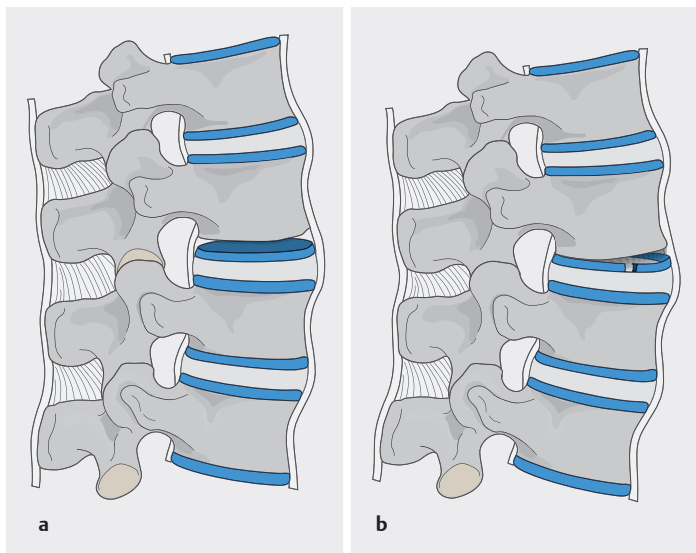
- Kompressionsverletzungen (Typ A),
- Zerreißen der vorderen oder hinteren Zuggurtung (Typ B) oder
- translatorisch instabile Verletzungen mit Zerreißen der vorderen und hinteren Zuggurtung (Typ C).

Typ-A-Verletzungen sind die häufigste Form.

Bei axialer Krafteinwirkung auf die flektierte HWS kommt es zur Kompression des Wirbelkörpers, welche zumeist problemlos im konventionellen Röntgenbild diagnostiziert werden kann. Mittels MRT-Untersuchungen können Begleitverletzungen sowie serielle Frakturen dargestellt werden (► **Abb. 4 a**).

### Merke

**Der Sprung in ein flaches Gewässer ist neben Stürzen aus einer Höhe über 2 m und Verkehrsunfällen nach wie vor als häufiger Unfallmechanismus zu verzeichnen.**



► **Abb. 9** Klassifikation von Wirbelkörperfrakturen im Kindesalter nach Salter und Harris (Quelle: Nau C, Rose S, Laurer H et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2010; 5: 23–38).

- a Lösung der knorpeligen Grundplatte (Salter-Harris I).  
b Abbruch der vorderen Grundplatte (Salter-Harris III).

Im Gegensatz zu den Frakturen von Jugendlichen und Erwachsenen können die Frakturen bei Kindern unter 8 Jahren in den Bereichen der subaxialen HWS sowie der oberen BWS im Sinne von Salter-Harris-I- oder auch Salter-Harris-III-Frakturen durch die knorpelige Endplatte verlaufen und dann in Erscheinung treten. Aufgrund der stabilisierenden Effekte der Artikularportion (Processus uncinatus) findet sich die Fraktur am häufigsten im Bereich der Endplatte (► **Abb. 9**).

Flexions- oder Distraktionsverletzungen können zu einer traumatischen Ablösung der Bandscheibe von der Grund- oder Deckplatte mit Ruptur des hinteren Längsbandes führen.

#### Cave

**Diskoligamentäre Zerreißen der HWS im Kindes- und Jugendalter stellen hoch instabile Verletzungen dar, können aber durch die fehlenden knöchernen Verletzungszeichen leicht übersehen werden. Auch in der MRT kann die geringe oder fehlende Einblutung über die Schwere der Verletzung hinwegtäuschen.**

Zur sicheren Diagnostik einer Instabilität ist eine dynamische arztgeführte Bildwandleruntersuchung notwendig (► **Abb. 5**). Sollte hierbei eine Instabilität diagnostiziert werden, ist eine Fusion in diesem Segment notwendig.

## THERAPIE

### Therapieentscheidung bei HWS-Verletzungen

- A0-, A1-, A2-Frakturen sollten konservativ behandelt werden mit einer kurzzeitigen Ruhigstellung in einer semirigiden Halskrawatte.
- A3-Frakturen sind zumeist Einzelfallentscheidungen, hier kann sowohl eine konservative als auch eine operative Behandlung indiziert sein.
- A4-, B-, C-Frakturen bedürfen einer operativen Therapie.

Als Basis der Therapieentscheidung bei Verletzungen der HWS dienen die therapeutische Strategie der AO Spine (s. Infobox).

Bei den meisten Verletzungen wird die ventrale Platten-spondylodese mit interkorporeller Abstützung empfohlen. Bei Berstungskomponente muss oftmals eine Korporektomie und die Implantation eines Wirbelkörperersatzes erfolgen (► **Abb. 10**). Eine additive dorsale Instrumentierung kann bei verbleibender dorsaler Instabilität erforderlich sein.

### Facettengelenkfrakturen/ Facettengelenkluxationen

Die ein- oder beidseitige Facettengelenkluxation ist die zweithäufigste Verletzung der subaxialen HWS im Jugendalter. Der Unfallmechanismus beinhaltet eine Kräfteinwirkung in Rotationshaltung der HWS. Die Diagnose kann meist mit der konventionellen Röntgenaufnahme gestellt werden. Die CT lässt begleitende Frakturen der Gelenkfacetten erkennen und hilft bei der Planung der Reposition. Diskoligamentäre Verletzungen werden durch die MRT detektiert. Bei der AO Spine-Klassifikation werden die Facettengelenke separat beurteilt. Bei nachgewiesener Facettengelenkfraktur vom Typ F1 oder F2 oder bei Frakturstreuung in das Foramen transversarium sollte eine CT- oder MR-Angiografie erwogen werden [14].

Die Reposition geschieht unter Bildwandlerkontrolle und Längszug mit entsprechender Rotation. Ist eine geschlossene Reposition nicht möglich, muss eine offene Reposition mit anschließender Fusion entsprechend der B- oder C-Verletzung durchgeführt werden.



► **Abb. 10** HWK-5-Fraktur (Typ A4 nach AO Spine) bei 16-jährigem Mädchen nach Motorradunfall.  
 a Präoperative Röntgenaufnahme.  
 b Präoperative MRT-Bildgebung.  
 c Postoperativ nach Korporektomie und ventraler Fusion mit Wirbelkörperersatz; Röntgenaufnahme a.–p.  
 d Seitlicher Strahlengang.

## Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule

### Einteilung

Die Klassifikation der Verletzungen richtet sich nach dem Alter des jungen Patienten (► **Tab. 1**). Bei älteren Kindern kann es zu einer Verletzung der ringförmigen Wirbelkörperendplatte (Apophysenring) kommen. Hierbei handelt es sich um eine frakturierte Wachstumsfuge, die sich zum Teil spontan reponieren kann. Der konventionellen Röntgendiagnostik bleibt sie häufig verborgen.

Die meisten Apophysenabrisse liegen bei den meist männlichen Adoleszenten lumbal und kranial (► **Abb. 11**), selten thorakal oder zervikal. Als Ursache werden chronische Überlastungen durch Sport oder ein adäquates Monotrauma angenommen.

Die Symptome können einer Diskushernie ähneln. Die Einteilung erfolgt nach Takada und Epstein (► **Tab. 1**, **Tab. 2**). Prinzipiell wird zwischen einer Dislokation nach ventral (betroffen Anulus fibrosus und vorderes Längsband) und nach dorsal unterschieden. Die häufigere dorsale Dislokation wird wie in ► **Tab. 2** dargestellt unterteilt [19].

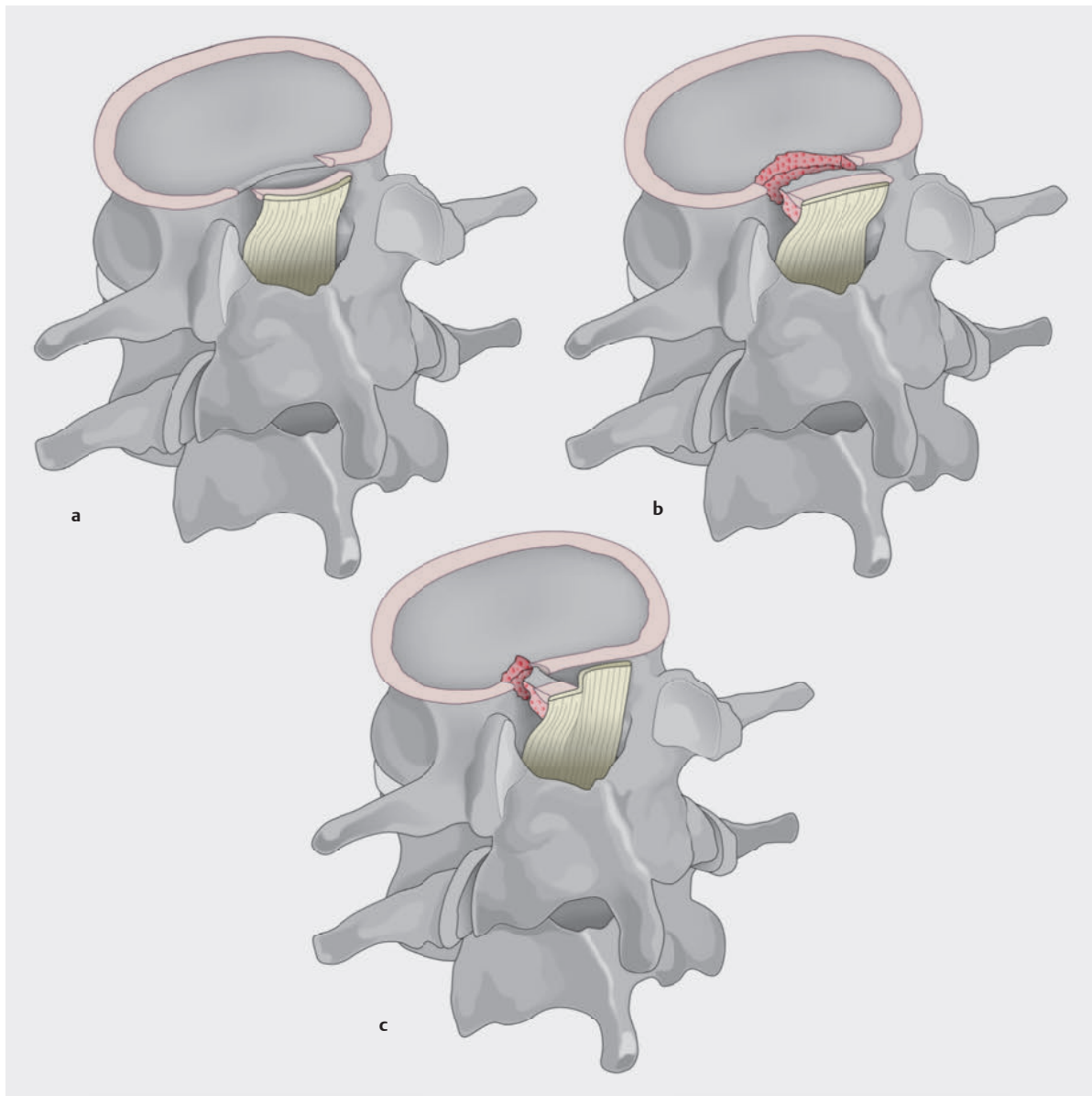
► **Tab. 1** Mögliche Frakturklassifikation in Abhängigkeit vom Patientenalter.

Alter <sup>1</sup>	Klassifikation
< 8 Jahre	Salter-Harris
> 8–18 Jahre	Takada/Epstein
> 12 Jahre	AO Spine

<sup>1</sup> Kleine Kinder unter 3 Jahren lassen sich aufgrund der seltenen Verletzungen mit ihren Besonderheiten schwer in dieses Schema einordnen.

► **Tab. 2** Klassifikation nach Takada/Epstein.

Einteilung	Kennzeichen
Typ 1	Lösung des gesamten hinteren Längsbands (11.–13. Lebensjahr)
Typ 2	Randleiste mit spongiösen Anteilen des Wirbelkörpers (13.–18. Lebensjahr)
Typ 3	lateralen Teil der Randleiste mit Teilen des Wirbelkörpers (> 14. Lebensjahr)
Typ 4	Fraktur der gesamten Hinterwand zwischen den Endplatten, ggf. mit Spinalkanaleinengung



► **Abb. 11** Einteilung der Verletzung der ringförmigen Wirbelkörper-Randleiste nach Takada/Epstein.

- a Lösung des hinteren Längsbands (Typ 1).
- b Lösung der Randleiste mit spongiösem Knochen (Typ 2).
- c Lösung des lateralen Teils der Randleiste mit Teilen des Knochens (Typ 3).

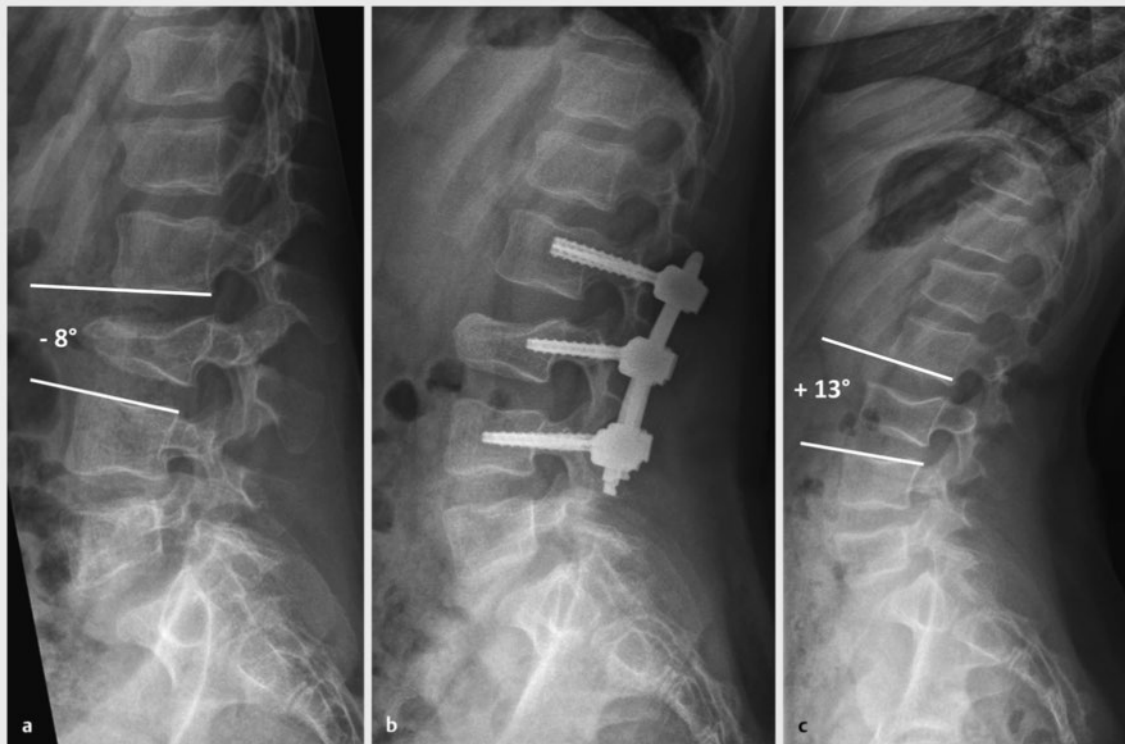
Im Bereich der Brust- und Lendenwirbelkörper sind zudem Abrisse der Synchondrosen zwischen den Bogenkernen und dem bipolaren neurozentralen Knorpel in Form einer traumatischen Spondylolyse möglich. Bei neurologischen Defiziten wird eine Dekompression erforderlich, zudem ist die mögliche Ausbildung sekundärer Deformitäten zu beachten.

## Grundlagen der Therapie

Das Korrektur- und Regenerationspotenzial der verletzten Wirbelsäule im Kindes- und Jugendalter unterscheidet sich von dem der Erwachsenen und verändert sich mit dem Älterwerden (► **Abb. 12**).

### Merke

**Der Großteil der Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule im Kindesalter kann konservativ therapiert werden.**



► **Abb. 12** Seitliche Röntgenbilder der LWS im Stehen; 10-jähriger Junge mit Fraktur des 3. Lendenwirbelkörpers und traumatischer Kyphose  $> 20^\circ$  (Quelle: Kreinest M, Vetter SY, Grützner PA et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter – Konzepte zu Diagnostik und Therapie. OP-Journal 2018; 34: 261–268).

a Präoperativ.

b Nach geschlossener Reposition und perkutaner dorsaler Instrumentierung vom 2. bis 4. Lendenwirbelkörper zeigt sich im Verlauf ein Umbau des Wirbelkörpers.

c Die Kontrollaufnahme zeigt, dass der Wirbelkörper nahezu seine ursprüngliche Form wieder erreicht.

Je älter die Kinder jedoch werden, umso fließender ist der Übergang zum bekannten Behandlungsregime beim Erwachsenen. Mit zunehmender Instabilität wird eine operative Behandlung auch im Kindesalter notwendig. So werden eine frühe Schmerzlinderung erreicht, eine progrediente Deformierung vermieden und nervale Strukturen durch eine frühzeitige Dekompression geschützt bzw. entlastet.

### Instabilität bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule

Die AO-Klassifikation gibt einen Hinweis auf die Instabilität [20]:

- Typ-A0-Frakturen sind nicht stabilitätsgefährdend.
- Typ-A1-Frakturen sind generell als stabil anzusehen. Bei einem Grund-Deckplatten-Winkel von  $15\text{--}20^\circ$  (Röntgenbilder im Stehen) kann es aber im Verlauf zu einer weiteren Fehlstellung kommen. Als weiteres Instabilitätskriterium wird in der Literatur ein Wirbelkörperödem in über zwei Drittel des Wirbelkörpervolumens angesehen [15], sodass in diesem Fall auch A1-Frakturen als geringgradig instabil anzusehen sind.
- Typ-A2-Verletzungen können bei begleitender Bandscheibenbeteiligung instabil sein.
- Typ-A3- und Typ-A4-Frakturen zeigen eine Verletzung der vorderen und mittleren Säule, i. d. R. ist die Bandscheibe zerstört. Laut Literatur [15, 16] zeigen 87% der Bandscheiben nach 12 Monaten einen Defekt. Als weitere Instabilitätsfaktoren bei Berstungsfrakturen werden eine fehlende Verdichtung der Fragmente, eine Zerstörung von mehr als einem Drittel der Wirbelkörperhöhe und eine Fragmentdislokation von über 2 mm angesehen, sodass hier durchaus die Schwelle zur hochgradigen Instabilität überschritten werden kann.
- Typ-B- und Typ-C-Verletzungen gelten bei Versagen der dorsalen oder ventralen osteoligamentären Zugurtung als hochgradig instabil und sollten dementsprechend stabilisiert werden.
- Zudem werden eine Höhenreduktion der Wirbelkörper und eine Spinalkanaleinengung von mehr als jeweils 40–50% als Instabilitätskriterien gewertet.

► **Tab. 3** zeigt eine Zusammenfassung der Diagnosen und Therapieempfehlung bei Verletzungen der Wirbelsäule im Kindes- und Jugendalter.

### Konservative Therapie

Generell können persistierende ventrale Kyphosewinkel bis zu 10° kompensiert werden, im Risser-Stadium 1–2 auch 10–20°.

#### Merke

**Die Spontankorrekturfähigkeit keilförmig komprimierter Wirbelkörper im Kindes- und Jugendalter ist bekannt; ab Risser-Stadium 3 ist diese jedoch reduziert.**

Bei einer Keilwirbelbildung von mehr als 10° wird das Tragen eines Reklinationskorsetts zur Druckentlastung der Wachstumszone und Stimulation des vorderen Wirbelkörperwachstums bis zu einem Jahr empfohlen. Bei Kompressionsfrakturen im oberen BWS-Bereich ohne weitere thorakale Verletzung mit einem Kyphosewinkel  $\leq 15^\circ$  ist die frühfunktionelle Behandlung mit Krankengymnastik, Rückenschulung und Muskelaufbau die zu empfehlende Therapie. Eine Sportkarenz sollte für 3 Monate eingehalten werden.

Zur Verlaufskontrolle werden von den Autoren Zielaufnahmen nach 1, 3 und 6 Wochen bei exakter Darstellung der betroffenen Region sowie nach 6 Monaten und einem Jahr empfohlen.

► **Tab. 3** Übersicht über Einteilung und Therapieempfehlung bei Verletzungen der Wirbelsäule im Kindes- und Jugendalter.

Lokalisation	Diagnose	Therapieempfehlung
obere HWS	Okzipitalkondylenfrakturen Typ I und II	konservativ (Orthese)
	Typ III	Halo-Fixateur bei starker Zerstörung: dorsale Fusion (Ausnahmeindikation)
	atlantookzipitale Instabilität	temporäre Ruhigstellung mittels Halo-Fixateur für 8–10 Wochen bei persistierender Instabilität: Instrumentation/Fusion C0–C1 (C2)
	Frakturen des Atlas Typ 1, 2, 3a, 4, 5	konservativ (Orthese)
	Typ 3b	bei Kontinuitätsunterbrechung des Lig. transversum atlantis mit bei persistierender Instabilität: Fusion, direkte Verschraubung
	atlantoaxiale Subluxation/Luxation	überwiegend konservativ, nach ggf. vorheriger Reposition operativ nur bei persistierender Fehlstellung und Instabilität
	Frakturen des Dens axis	Halo-Fixateur bei Dislokation mit frustanem Versuch der geschlossenen Reposition: Osteosynthese
	Hanged-Man-Fraktur	überwiegend konservativ (Orthese) bei Bandscheibenverletzungen mit Instabilität: Halo-Fixateur/OP
mittlere und untere HWS	Kompressionsverletzungen A1 und A2	konservativ bei starker Fehlstellung durch segmentale Instabilität: OP in Einzelfällen
	A3	überwiegend operativ (Einzelfallentscheidung)
	A4, B, C	operative Therapie
	Facettengelenkfrakturen/Luxationen	Reposition unter Durchleuchtung, Ruhigstellung bei persistierender Fehlstellung: OP
BWS/LWS	A0	konservativ
	A1 und A2	konservativ; bei starker Fehlstellung durch segmentale Instabilität: OP in Einzelfällen
	A3	überwiegend operativ (Einzelfallentscheidung)
	A4, B, C	operative Therapie
	Frakturen durch die knorpelige Endplatte (Salter-Harris I/III)	bei Instabilität: OP-Indikation
	Apophysenabrisse (Takada/Epstein)	konservativ; bei neurologischen Symptomen: Dekompression und Fusion



## PRAXIS

### Begleitverletzungen der Bandscheibe

Aufgrund der besseren Kompensationsmechanismen scheint insbesondere bei Kindern der Bandscheibenschaden keine so wesentliche Rolle zu spielen. Kerttula et al. [17] wiesen in einer MRT-Untersuchung mindestens ein Jahr nach thorakolumbalen Berstungsfraktur und konservativer Therapie bei Kindern unter 14 Jahren keine Bandscheibenläsionen nach. Dies scheint auch für den Langzeitverlauf zu gelten [18]. Demgegenüber zeigten sich bei den über 15-jährigen Patienten mehrheitlich Diskusschäden in den frakturangrenzenden Segmenten.

## Operative Therapie

Bei älteren Kindern und Adoleszenten folgen Stabilisierungen der thorakolumbalen Wirbelsäule den Grundsätzen der Erwachsenentherapie. Die Instrumentierung erfolgt je nach Frakturmorphologie zumeist mono- oder bisegmental. Je nach Befund kann vor allem in der Brustwirbelsäule eine multisegmentale Stabilisierung notwendig werden.

Ligamentäre Verletzungen sollten zuerst reponiert werden und je nach Alter des Kindes durch Verbinden der Dornfortsätze durch Cerclagen oder im fortgeschrittenen Alter ebenfalls mit einem dorsalen Fixateur stabilisiert werden. Bei sehr kleinen Kindern können die Dornfortsätze auch mit Polydioxanonkordeln oder FiberWire®-Fäden verbunden werden, die Nachbehandlung sollte dann im Korsett erfolgen.

Generell kommen auch minimalinvasive Verfahren mit kurzstreckigen dorsalen Stabilisierungen bei guter Aufrichtung durch die Lagerung bzw. mit minimalinvasiven Repositionssystemen zur Anwendung (► **Abb. 12**).

### Merke

**Eine Materialentfernung sollte zumeist frühzeitig nach 6–9 Monaten erfolgen. Bei Verdacht auf eine Bandscheibenschädigung sollte vorher eine MRT-Untersuchung durchgeführt werden.**

Ventrale Spondylodesen sind i. d. R. bei jüngeren Patienten so gut wie nicht erforderlich. Selten werden diese Verfahren mit Wirbelkörperersatz bzw. Cage im Falle einer Korrektur bei größeren Fehlstellungen bzw. Defekten benötigt.

Thorakolumbale Apophysenschäden mit in den Spinalkanal dislozierten Fragmenten (► **Abb. 11**) müssen bei neurologischen Symptomen chirurgisch entfernt werden.

Laminektomien sind bei Kindern kontraindiziert, außer es findet sich eine anders nicht zu behebende mechanische Einengung des Spinalkanals mit zuzuordnenden neurologischen Defiziten. Anderenfalls können so im weiteren Wachstum erhebliche Deformitäten erzeugt werden.

## Prognose

Die Prognose von HWS-Verletzungen im Kindes- und Jugendalter ist sehr gut, wenn die Verletzung frühzeitig diagnostiziert wird.

Fehlstellungen im Bereich der BWS und LWS werden teilweise über das weitere Wachstum ausgeglichen, vor allem je jünger die Kinder zum Zeitpunkt der Verletzung sind. Mitunter kann sich im Verlauf eine leicht progressive balancierte Skoliose ( $< 10^\circ$ ) um den frakturierten Bereich ausbilden.

Kaum ausgeglichen werden frontale Fehlstellungen; hier können im weiteren Verlauf posttraumatische Skoliosen entstehen, die jedoch selten  $20^\circ$  überschreiten.

Endplattenfrakturen korrigieren sich i. d. R. nicht, hier kann dann eine Störung des Wachstums die Folge sein. Verletzungen der Endplatten und Bandscheiben können zudem zu Spontanfusionen des Segments führen.

Inkomplette neurologische Defizite haben bei Kindern ebenfalls eine relativ gute Prognose, da das Regenerationspotenzial hoch ist. Komplette Querschnittssyndrome dagegen erfahren auch bei Kindern selten eine Verbesserung. Für den Einsatz von Steroiden gibt es laut Literatur für diese Altersklassen keine Evidenz.

**KERNAUSSAGEN**

- Bei Diagnostik und Therapie 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.
- Die arztgeführte dynamische Bildwandlerkontrolle ist zur Diagnostik von diskoligamentären Verletzungen ein wichtiges Zusatzinstrument.
- Die CT ist speziellen Fragestellungen bzw. schwerverletzten Kinder vorbehalten.
- Zumeist ist eine konservative Therapie möglich.
- Bei instabilen Verletzungen kann eine operative Stabilisierung indiziert sein.
- Je älter die Kinder werden, umso fließender wird der Übergang zur Therapie des Erwachsenen.
- Die schwierige Indikation und Besonderheiten der operativen Therapie machen die Behandlung in einem kinderwirbelsäulenchirurgisch erfahrenen Zentrum notwendig.

**Interessenkonflikt****Erklärung zu finanziellen Interessen**

Forschungsförderung erhalten: nein; Honorar/geldwerten Vorteil für Referententätigkeit erhalten: nein; Bezahler Berater/interner Schulungsreferent/Gehaltsempfänger: nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an im Bereich der Medizin aktiven Firma: nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an zu Sponsoren dieser Fortbildung bzw. durch die Fortbildung in ihren Geschäftsinteressen berührten Firma: nein.

**Erklärung zu nichtfinanziellen Interessen**

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

**Autorinnen/Autoren****Jan-Sven Jarvers**

Dr. med., Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie, Zusatzbezeichnung Spezielle Unfallchirurgie. Oberarzt der Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie am Universitätsklinikum Leipzig. Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäulentrauma im

Kindesalter der Sektion Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie.

**Stefan Matschke**

Dr. med., Facharzt für Chirurgie sowie für Orthopädie und Unfallchirurgie, Zusatzbezeichnung Spezielle Unfallchirurgie. Wirbelsäulen-chirurg an der ATOS Klinik Heidelberg. Leiter der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäulentrauma im Kindesalter der Sektion Wirbelsäule der

Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie.

**Christoph-E. Heyde**

Prof. Dr. med. habil., Facharzt für Orthopädie, Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie; Zusatzbezeichnungen: Sportmedizin, Rheumatologie, Manuelle Medizin. Bereichsleiter Wirbelsäulen-chirurgie und stellvertretender geschäftsführender Direktor der Klinik für Ortho-

pädie, Unfallchirurgie und Plastische Chirurgie an der Universität Leipzig. Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäulentrauma im Kindesalter der Sektion Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie.

**Michael Kreinest**

PD Dr. med. Dr. rer. nat., Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie. Funktionsoberarzt der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie und Koordinator des Wirbelsäulenzentrums der BG Klinik Ludwigshafen. Stellvertretender Leiter der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäulentrauma

im Kindesalter der Sektion Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie.

**Korrespondenzadresse****PD Dr. Dr. Michael Kreinest**

BG Klinik Ludwigshafen  
Zentrum für Wirbelsäulen-chirurgie  
Ludwig-Guttman-Straße 13  
67071 Ludwigshafen  
michael.kreinest@bgu-ludwigshafen.de

**Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen**

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist PD Dr. med. Dr. Michael Kreinest, Ludwigshafen.

## Literatur

---

- [1] 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
- [2] 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
- [3] Chaudhry AS, Prince J, Sorrentino C et al. Identification of Risk Factors for Cervical Spine Injury from Pediatric Trauma Registry. *Pediatr Neurosurg* 2016; 51: 167–174. doi:10.1159/000444192
- [4] Weisskopf M, Naeve D, Ruf M et al. Therapeutic options and results following fixed atlantoaxial rotatory dislocations. *Eur Spine J* 2005; 14: 61–68
- [5] Adib O, Berthier E, Loisel D et al. Pediatric cervical spine in emergency: radiographic features of normal anatomy, variants and pitfalls. *Skeletal Radiol* 2016; 45: 1607–1617
- [6] Sensakovic WF, O'Dell MC, Agha A et al. CT Radiation Dose Reduction in Robot-assisted Pediatric Spinal Surgery. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017; 42: E417–E424. doi:10.1097/BRS.0000000000001846
- [7] Pang D. Spinal cord injury with radiographic abnormality in children, 2 decades later. *Neurosurgery* 2004; 55: 1325–1343
- [8] Schrödel M, Hertlein H. Halswirbelsäulenverletzungen im Kindes- und Jugendalter. *Unfallchirurg* 2013; 116: 1054–1061. doi:10.1007/s00113-013-2459-1
- [9] Jeszenszky D, Fekete TF, Lattig F et al. Intraarticular atlantooccipital fusion for the treatment of traumatic occipitocervical dislocation in a child: a new technique for selective stabilization with nine years follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010; 35: E421–426. doi:10.1097/BRS.0b013e3181c91fa1
- [10] Bono C, Vaccaro AR, Fehlings M et al. Measurement techniques for upper cervical spine injuries: Consensus statement of the Spine Trauma Study Group. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32: 593–600
- [11] Anderson PA, Montesano PX. Morphology and treatment of occipital condyle fracture. *Spine (Phila Pa 1976)* 1988; 13: 731–736
- [12] Powell EC, Leonard JR, Olsen CS et al. Atlantoaxial rotatory subluxation in children. *Pediatr Emerg Care* 2017; 33: 86–91. doi:10.1097/PEC.0000000000001023
- [13] Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE et al. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur Spine J* 2016; 25: 2173–2184
- [14] Harrigan MR, Hadley MN, Dhall SS et al. Management of vertebral artery injuries following non-penetrating cervical trauma. *Neurosurgery* 2013; 72: 234–43
- [15] An DS, Shin WJ, An BK et al. The relationship between the progression of kyphosis in stable thoracolumbar fractures and magnetic resonance imaging findings. *Asian Spine J* 2015; 9: 170–177. doi:10.4184/asj.2015.9.2.170
- [16] Heyde CE, Tschoeke SK, Hellmuth M et al. Trauma induces apoptosis in human thoracolumbar intervertebral discs. *BMC Clin Pathol* 2006; 6: 5
- [17] Kerttula LI, Serlo WS, Tervonen OA et al. Post-traumatic findings of the spine after earlier vertebral fracture in young patients: clinical and MRI study. *Spine* 2000; 25: 1104–1108
- [18] Möller A, Maly P, Besjakov J et al. A vertebral fracture in childhood is not a risk factor for disc degeneration but for Schmorl's nodes: a mean 40-year observational study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32: 2487–2492
- [19] Nau C, Rose S, Laurer H et al. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. *Orthop Unfallchir* 2010; 5: 23–38
- [20] Schnake KJ, Schröder GD, Vaccaro AR et al. AO Spine Classification Systems. *J Orthop Trauma* 2017; 31: 14–23

## Bibliografie

---

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0926-0217>  
Orthopädie und Unfallchirurgie up2date 2020; 15: 279–297  
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
ISSN 1611-7859

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Den genauen Einsendeschluss finden Sie unter <https://cme.thieme.de>. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/CXD7MLF> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests.

VNR 2760512020158722591



### Frage 1

Welche Aussage zur Anamnese und erster klinischer Untersuchung trifft *nicht* zu?

- A Eine orientierende neurologische Untersuchung soll auch bei Kindern erfolgen.
- B Die Anamnese spielt eine bedeutende Rolle.
- C Inspektion und Palpation vervollständigen die Basisuntersuchung.
- D Die reine Bauchatmung, eine fehlende Schmerzabwehr und ein Priapismus sind Hinweis auf eine Querschnittlähmung.
- E Auch wenn die Palpation der gesamten Wirbelsäule schmerzfrei ist, sollte eine Prüfung der Beweglichkeit unterlassen werden.

### Frage 2

Welche Aussage zur Diagnostik ist *falsch*?

- A Zur Standarddiagnostik gehört beim Monotrauma zunächst die Röntgendiagnostik des entsprechenden Wirbelsäulenabschnittes in 2 Ebenen.
- B Die MRT kann im Kindesalter oft nur in Narkose erfolgen.
- C Eine CT-Angiografie hat im Kindesalter keine Bedeutung.
- D Bei verbleibender Unklarheit bezüglich vorliegender Verletzungen kann die dynamische, ärztlich geführte Durchleuchtung Sicherheit hinsichtlich der Instabilität der Wirbelsäule bringen.
- E Verbesserte Low-Dose-CT-Protokolle können die Strahlung reduzieren.

### Frage 3

Welche Aussage zur Klassifikation von kindlichen Wirbelsäulenverletzungen trifft *nicht* zu?

- A Die Einteilung nach Salter-Harris und Takada/Epstein berücksichtigt die Besonderheiten der im Wachstum befindlichen Wirbelsäule.
- B Bei älteren Kindern wird aufgrund der Kombination aus morphologischen und klinisch-neurologischen Kriterien die AO-Spine-Klassifikation für subaxiale HWS-Verletzungen empfohlen.
- C A3-Frakturen (AO-Spine-Klassifikation) sind zumeist Einzelfallentscheidungen, hier kann sowohl eine konservative als auch eine operative Behandlung indiziert sein.
- D Die AO-Spine-Klassifikation ist die einzige Einteilung, die bei Kindern bis 8 Jahren geeignet ist.
- E Bezogen auf die AO-Spine-Klassifikation sind Typ-A-Verletzungen am häufigsten.

### Frage 4

Notwendig zur richtigen Beurteilung der radiologischen Befunde ist die Kenntnis einiger Besonderheiten der wachsenden Halswirbelsäule. Welche Aussage ist *falsch*?

- A Kenntnis über Anzahl, Lokalisation und Zeitpunkt der Verschmelzung der Knochenkerne sind von Bedeutung.
- B Lokalisation und Zeitpunkt des Verschlusses der Synchondrosen sind zur Differenzialdiagnostik wichtig.
- C Das mögliche Stufenphänomen mit „Pseudosubluxation“ sub HWK 2 kann zur Fehlinterpretation führen.
- D Initial besteht eine physiologische Keilform der Wirbelkörper.
- E Das normale Atlas-Dens-Intervall beträgt  $\geq 7$  mm.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

## Frage 5

Nur eine der Aussagen zur operativen Therapie von Wirbelsäulenverletzungen bei Kindern und Jugendlichen ist richtig. Welche?

- A Bei älteren Kindern und Adoleszenten folgen Stabilisierungen der thorakolumbalen Wirbelsäule den Grundsätzen der Erwachsenenentherapie.
- B Laminektomien sind in der Regel nicht als kritisch anzusehen; Deformitäten im Wachstum zeigen sich hiernach keine.
- C Gerade im Lumbalbereich sollten langstreckige Stabilisierungen bevorzugt werden.
- D Eine Materialentfernung sollte frühestens 15 Monate nach der Stabilisierung erfolgen.
- E Eine Korsettbehandlung ist in der Nachbehandlung obsolet.

## Frage 6

Welche Aussage zu kindlichen Dens-axis-Frakturen ist richtig?

- A Dens-axis-Frakturen zählen zu den eher seltenen Frakturen im HWS-Bereich.
- B Ursächlich sind zumeist Niedrigenergie Traumen.
- C Häufig verläuft die Verletzung im Bereich der Synchondrose.
- D Für gewöhnlich ist der Dens bei Frakturen nach posterior verschoben.
- E Im Röntgenbild zeigt sich die Fraktur in der Regel in beiden Ebenen eindeutig, sodass auf weitere Diagnostik verzichtet werden kann.

## Frage 7

Eine der folgenden Aussagen zu Verletzungen der kindlichen Halswirbelsäule ist falsch. Welche?

- A Durch Flexions- oder Distaktionsverletzungen kann es zu einer traumatischen Ablösung der Bandscheibe von der Grund- oder Deckplatte mit Ruptur des hinteren Längsbandes kommen.
- B Der Sprung ins flache Gewässer ist neben Stürzen aus Höhen > 2 m und Verkehrsunfällen nach wie vor als häufiger Unfallmechanismus zu verzeichnen.
- C Die therapeutische Strategie richtet sich beim älteren Kind primär nach der in der AO Spine beschriebenen Verletzungsmorphologie.
- D A4-Verletzungen können zumeist konservativ versorgt werden.
- E Eine rein dorsale oder zusätzlich dorsale Stabilisierung kann bei besonderer Befundkonstellation notwendig sein.

## Frage 8

Welche Aussage zur Prognose von Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter ist richtig?

- A Die Prognose von HWS-Verletzungen im Kindes- und Jugendalter ist sehr gut, wenn die Verletzung frühzeitig diagnostiziert wird.
- B Inkomplette neurologische Defizite haben selbst bei zeitgerechter Therapie eine schlechte Prognose.
- C Segmentale posttraumatische Kyphosen über 10° sind häufig zu beobachten.
- D Bei den häufigen Serienkompressionsfrakturen ist häufig mit posttraumatischen Deformitäten beim jungen Patienten zu rechnen.
- E Endplattenfrakturen haben ein hohes Korrekturpotenzial.

## Frage 9

Welche Aussage zur atlantookzipitalen Dislokation ist falsch?

- A Atlantookzipitale Verletzungen werden besonders durch starke Dezelerationstraumen ausgelöst.
- B Sie ist eine in vielen Fällen letal endende Verletzung.
- C Aufgrund der Zug- und Scherkräfte am Myelon kommt es sehr häufig zu neurologischen Schäden bis hin zur Myelonzerreißung.
- D Ein Abstand < 4 mm ist hoch verdächtig auf eine Verletzung der Bandstrukturen.
- E Eine rein konservative Therapie mit Orthese ist nicht erfolgversprechend, da es sich um eine instabile ligamentäre Verletzung handelt.

## Frage 10

Wodurch ist die atlantoaxiale Subluxation gekennzeichnet?

- A Da die überwiegende Rotationsbewegung der HWS im subaxialen Bereich stattfindet, ist die Rotation weitestgehend erhalten.
- B Aufgrund der sehr steil ausgebildeten Gelenkflächen und der großen Gelenkbeweglichkeit können insbesondere Kinder eine Subluxation erleiden.
- C Der Infekt der oberen Atemwege (Grisel-Syndrom) spielt differenzialdiagnostisch eine untergeordnete Rolle.
- D Die beidseitige Facettengelenkssubluxation ist am häufigsten und fast immer verbunden mit einer Rotation.
- E Die Subluxation im atlantoaxialen Segment ist eine der häufigsten Ursachen des kindlichen Schiefhalses.