

Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter

■ Christian Klimmer, Anton Kathrein

Zusammenfassung

Strukturelle Verletzungen am Achsen-skelett kommen gesamthaft sehr selten vor. Aufgrund der anatomischen Besonderheiten, insbesondere der reifen-den Knorpel-Knochen-Verbindungen, finden sich beim Kind und beim Ju-gendlichen spezielle Verletzungsfor-men. Die radiologischen Besonderhei-ten des wachsenden Skeletts führen allerdings im Einzelfall nicht selten zu diagnostischen Schwierigkeiten. Das klinische Erscheinungsbild steht im Vordergrund und in Zusammenschau mit den bildgebenden Verfahren müs-sen in erster Linie pathologische Insta-bilitäten bestätigt oder ausgeschlossen werden. Kompressionsbedingte Verlet-zungen, welche zumeist im Sinne von Wirbelkörperfrakturen vorliegen, kön-nen, falls nicht schwerwiegende Ach-senfehlstellungen vorliegen, fast immer konservativ behandelt werden. Dis-traktions- und Abscherverletzungen, bei welchen zumeist diskoligamentäre

Strukturen betroffen sind, erfordern zumeist ein operatives Vorgehen, um progrediente Fehlstellungen oder chro-nische Instabilitäten zu vermeiden. Die chirurgischen Behandlungskonzepte unterscheiden sich nicht wesentlich von denen bei Erwachsenen, wenn-gleich gewisse Unterschiede bei der Implantatwahl und Behandlungsdauer bestehen. Bei richtiger Indikationsstel-lung und korrekter chirurgischer Tech-nik ist die Prognose – mit Ausnahme von schwerwiegenden neurologischen Begleitverletzungen – als sehr gut ein-zustufen.

Spinal Injuries in Children

Structural injuries to the axial skeleton are on the whole very rare occurrences. On account of the particular anatomic situation, especially the maturing carti-lage-bone junctions, special injury pat-terns are seen in children and adoles-cent. The radiological characteristics of the developing skeleton, however,

can often lead to diagnostic difficulties in individual cases. Starting point is the clinical appearance which, together with the results of imaging studies, must serve in the first line to confirm or exclude pathological instabilities. Injuries due to compression, which mostly take the form of vertebral frac-tures, can almost always be treated conservatively provided that there is no major axial misalignment. Distrac-tion and cleavage injuries in which mostly disco-ligament structures are involved usually require at least one operative procedure in order to avoid progressive malpositions or chronic in-stabilities. The surgical treatment con-cept does not differ markedly from that for adults although there are certain differences in the choice of implant and duration of treatment. With the correct indication and appropriate sur-gical techniques the prognosis can be considered as very good – except for cases with severe accompanying neuro-logical deficits.

Einleitung

Verletzungen der Wirbelsäule sind im Kindesalter glücklicherweise selten. Während bei Erwachsenen ca. 3% aller Frakturen an der Wirbelsäule lokalisiert sind, finden sich bei Kindern nur 0,2% aller Frakturen am Achsenskelett. Sowohl Diagnostik als auch die Behandlungsmöglichkeiten nehmen beim Kind eine Sonderstellung ein. Notwendig ist eine genaue Kenntnis der anatomischen Besonderheiten, der altersspezifischen röntgenologischen Erscheinungsbilder und des breiten pathomorphologischen Spektrums. Diese sind Voraussetzung für

eine exakte Diagnostik und die richtige Therapie bei kindlichen Wirbelsäulen-verletzungen. Bei Kindern ab dem 8. bis 10. Lebensjahr unterscheidet sich die Wirbelsäule anatomisch und biomechanisch nur noch geringfügig von den Er-wachsenen, Therapie und Klassifikation gleicht sich immer mehr den Erwachse-nen an [2,4,25].

Anatomie, Entwicklung und Reifung

Variationen der Wachstumsfuge, inkom-plette Ossifikationen, segmentale Hy-permobilitäten und oft Schwierigkeiten bei der klinischen Untersuchung und Anamnese können zu Unsicherheiten und nicht selten zu falsch positiven Fehl-interpretationen führen [15,44].

Halswirbelsäule

Der Atlas entwickelt sich aus 3 Knochen-kernen, Körper und 2 Neuralbögen. Zum Zeitpunkt der Geburt sind die Knochen-kerne nicht immer vorhanden. Die Neu-ralbögen verschmelzen im 3. Lebensjahr, während die Synchondrose zum Körper im 7. Lebensjahr verknöchert.

Der Axis hat 4 Knochenkerne (Körper, Dens und beide Neuralbögen). Um das 6. Lebensjahr verknöchert diese Syn-chondrose. Auf dem knöchern konfigu-rierten Dens entwickelt sich zwischen dem 3. und 6. Lebensjahr ein weiterer Knochenkern, welcher um das 12. Le-bensjahr mit dem Dens verknöchert. Wenn diese Verschmelzung ausbleibt, so spricht man von einem Ossiculum ter-minale.



Abb. 1 Kryoschnittpräparat durch die obere Halswirbelsäule beim 12-jährigen. Die subdentale Synchondrose ist bereits verknöchert, an der Densspitze sind Knochenkerne sichtbar.



Abb. 2 Kryoschnittpräparat der mittleren Brustwirbelsäule eines 7-jährigen zeigt dicke knorpelige Endplatten und Disci.

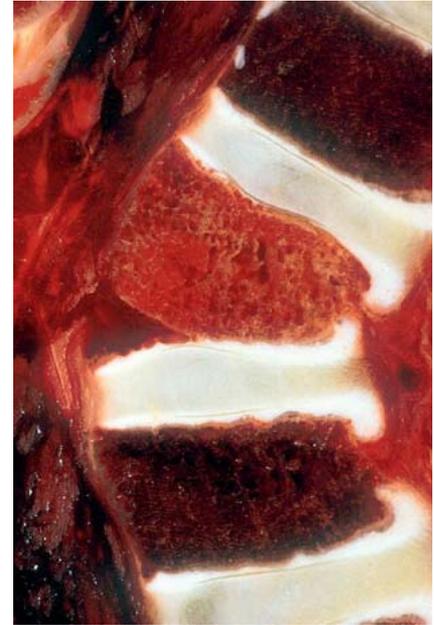


Abb. 3 Sagittaler Kryoschnitt an der mittleren Brustwirbelsäule: Flexions-Distraktionsverletzung, entlang der osteokartilaginären Übergangzone an der kaudalen Endplatte zeigt sich eine inkomplette Osteo-Epiphysenlösung.

Der 3.–7. Halswirbel entsteht aus 3 Knochenkernen, dem Körper und den beiden Neuralbögen. Die Neuralbögen verschmelzen um das 2. Lebensjahr, die neurozentrale Synchondrose zwischen dem 3. und 6. Lebensjahr. Bis zum 7. Lebensjahr ist der knöcherne Wirbel häufig noch keilförmig konfiguriert. Die Ringapophysen werden um das 12. Lebensjahr sichtbar, sie verschmelzen manchmal erst um das 25. Lebensjahr mit der Endplatte. Die Apophysen dürfen nicht mit den Epiphysen verwechselt werden, sie tragen nichts zum Längenwachstum der Wirbel bei. Die Endplatten der Wirbelkörper sind histologisch Epiphysen gleichzusetzen, hier findet das Wirbelkörperlängenwachstum statt [3, 4, 14] (**Abb. 1**).

Brust- und Lendenwirbelsäule

Beim Neugeborenen und Kleinkind sind Wirbelkörper und Bandscheibe noch etwa gleich hoch ausgebildet. Dieser hohe Bindegewebsanteil verleiht der Wirbelsäule eine überaus hohe Flexibilität und dadurch bedingte Widerstandsfähigkeit gegen axiale Kräfte. Im Verlauf kommt es zu einer Verschiebung zugunsten der knöchernen Elemente, sodass eine zunehmende Festigung und Versteifung auftritt. Beim 10- bis 12-jährigen Kind ist die Wirbelsäule soweit gereift, dass kein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Erwachsenen besteht.

Zwischen dem 8. und 12. Lebensjahr entwickeln sich sekundäre Ossifikationszonen an den Endplatten, welche bis zum 25. Lebensjahr mit den Wirbelkörperendplatten verschmelzen. Diese apophysären, knöchernen Randleisten sind nicht am Längenwachstum des Wirbelkörpers beteiligt, sondern dienen der Verankerung des Bandscheibenrings [3, 40] (**Abb. 2**).

Radiologische Besonderheiten beim wachsenden Achsenskelett

Die radiologische Abklärung bereitet immer wieder Probleme. Knochenkerne, Wachstumsfugen und die Abgrenzung zwischen normaler Mobilität und pathologischer Instabilität machen uns häufig Probleme im klinischen Alltag [15, 19, 42, 43, 45].

1. Der Knochenkern an der Densspitze erscheint im 6. Lebensjahr und verschmilzt um das 12. Lebensjahr mit dem Dens axis (Frakturverwechslung).
2. Der atlantodentale Abstand: beim Kind bis zum 7. Lebensjahr bis zu 5 mm (beim Erwachsenen 3 mm).
3. Pseudosubluxation des Atlas in Extension häufig bei Kindern unter 8 Jahren.
4. Pseudosubluxationen im Segment C2/C3 und C3/C4 täuschen eine Instabilität vor. Ursache liegt in den horizontal ausgebildeten Facettengelenken. Bis zu 4 mm Verschiebung im Segment wird noch als normal gewertet.

5. Kyphotische Fehlhaltungen haben häufig keine klinische Bedeutung, kommen nicht selten bei gesunden Kindern ab dem 8. Lebensjahr vor.
6. Der retropharyngeale Weichteilschatten kann bei schreienden und pressenden Kindern pathologische Werte erreichen.

Spezielle Verletzungsformen im Kindesalter

Komplette Lösung der Epiphysenplatte in der Wachstumszone

Dabei handelt es sich um eine osteokartilaginäre Ablösung, sodass die Verletzung einer Typ-I-Läsion nach Salter-Harris entspricht. Diese Verletzungen kommen hauptsächlich an der unteren HWS und oberen BWS vor. Betroffen ist meist die kaudale Endplatte. Erst um das 12. Lebensjahr bildet sich ein geschlossener Ring, sodass die Verletzung radiologisch sichtbar wird. Wahrscheinlich werden diese Verletzungen häufig übersehen und können zu Störungen des Wirbelkörperwachstums führen [3, 35] (**Abb. 3**).

Abbruch der vorderen unteren Wirbelkörperkante

Diese Verletzung entspricht einer Salter-Harris-Typ-III-Verletzung und heilt gut



Abb. 4 SCIWORA-Verletzung bei einem 4-jährigen Kind: Das MRT zeigt das Rückenmark auf Höhe des zervikothorakalen Übergangs schwerst geschädigt. Das Kind bot das Bild einer kompletten Querschnittslähmung, hatte aber keine Schmerzen an der Wirbelsäule. Am MRT zeigen sich keine sicheren Hinweise für eine strukturelle Läsion am Achsenskelett.

aus und zieht keine Wachstumsstörungen nach sich [27].

Frakturen der knöchernen Wirbelkörperendleiste

Bei Kindern und Jugendlichen findet man eine ringförmige Apophyse, die sog. Randleiste, welche eine wichtige Rolle bei der Verankerung des Anulus fibrosus spielt. Teile dieser Randleiste können abreißen und nach ventral oder dorsal dislozieren [13].

SCIWORA

„Spinal cord injury without radiographic abnormality“ (SCIWORA) ist gekennzeichnet durch ein neurologisches Defizit ohne röntgenologische Zeichen einer Fraktur oder Instabilität. Bei Kindern unter 8 Jahren liegt das neurologische Ni-

veau meist in Höhe der oberen HWS, bei Jugendlichen in der unteren HWS und der thorakolumbalen Wirbelsäule. Typisch ist das Fehlen von knöchernen oder ligamentären Verletzungszeichen in konventionellen Röntgen- und Funktionsaufnahmen, CT sowie MRT-Untersuchungen. Im MRT können am Rückenmark lokalisierte ödematöse Veränderungen und Hämatome nachgewiesen werden. Das SCIWORA-Syndrom kann auch verzögert, z. T. auch noch nach einigen Tagen auftreten. Als Ursache werden die unterschiedliche Elastizität von Rückenmark, Bandapparat und Knochen im Kindesalter angesehen. Die neurologischen Symptome des SCIWORA-Syndroms umfassen geringe, flüchtige Ausfälle bis hin zu kompletten, bleibenden Querschnittsläsionen [12, 22, 23, 29, 38] (**Abb. 4**).

Verletzungen der Halswirbelsäule

Durch den großen Kopf im Vergleich zum Hals bzw. zum Körper treten dort v. a. bei jüngeren Kinder Verletzungen auf.

C0/C1-Verletzungen/ Atlantookzipitale Dislokation (AOD)

Die meisten Kinder versterben prähospital, bei Überlebenden sind neurologische Störungen häufig. Als Hauptverletzungsmechanismus wird eine Hyperextension und Distraction angenommen.

Die atlantookzipitale Dislokation stellt sich schon häufig im seitlichen Schädelröntgen dar, in weiterer Folge sollte ein CT und auch eine MRT-Untersuchung zur Beurteilung des Rückenmarks durchgeführt werden.

Therapeutisch erfolgt eine Reposition und Retention in einer Orthese oder einem Halo-Fixateur. Jegliche Distraction ist natürlich zu vermeiden. Wenn eine Retention z. B. im Halo-Fixateur möglich ist, kann konservativ austherapiert werden. Die Ruhigstellungsdauer beträgt 8 Wochen. Liegt eine ausgeprägte Instabilität vor oder ist eine ausreichende Retention nicht möglich, so muss eine okzipitozervikale Fusion vorgenommen werden [1, 6, 11, 16, 18, 34, 36, 37].

Atlasfrakturen (C1)

Diese Frakturen sind im Kindesalter eine Rarität und werden dann meist in Kombination mit anderen Verletzungen der oberen Halswirbelsäule gesehen. Die

Einteilung erfolgt in Analogie zum Erwachsenen nach Gehweiler.

Die Therapie erfolgt konservativ für 6 Wochen [33, 39, 41].

C1/C2-Verletzungen/ Atlantoaxiale Dislokation (AAD)

Atlantoaxiale Verletzungen können als rein ligamentäre oder bei begleitenden Densfrakturen auch als osteoligamentäre Instabilitäten vorliegen. Man kann translatorische und rotatorische Instabilitäten unterscheiden.

Bei der translatorischen Instabilität ist die ventrale Dislokation die häufigste Form. Der atlantodentale Abstand ist im seitlichen Röntgenbild erweitert (> 5 mm).

Die rotatorische Instabilität kann zu erheblichen diagnostischen Schwierigkeiten führen. Das Erscheinungsbild ist dem „Schiefhals“ sehr ähnlich, eine Drehung des Kopfes in die Mittellinie ist nicht möglich. Die Ursache für die rotatorische Instabilität liegt häufig im Gefolge entzündlicher Prozesse im Mund- und Rachenraum oder seltener durch ein Trauma (Bagateltrauma). Empfohlen wird eine 2- und 3-dimensionale Darstellung der Halswirbelsäule mittels Computertomografie.

Therapeutisch sollten translatorische Instabilitäten operativ angegangen werden. Auch bei sehr langen Ruhigstellungszeiten heilen diese Verletzungen nicht stabil aus. Allgemein wird die dorsale Spondylodese C1/C2 als notwendig erachtet. Rotatorische Instabilitäten lassen sich im frischen Zustand fast immer durch leichten manuellen Längszug reponieren, bei veralteten Fehlstellungen führt häufig eine Extensionsbehandlung zum Erfolg [17, 20, 21].

Densfrakturen (C2)

Die „klassische“ kindliche Densfraktur verläuft entlang der subdentalen Synchondrose. Sie kommt fast ausschließlich bis zum 6. Lebensjahr vor und es handelt sich dabei um eine Flexions- und Translationsverletzung mit Dislokation des Atlas nach ventral. Diagnostisch lässt sich diese Fraktur meist im Nativröntgenbild darstellen, ein CT sollte im Anschluss zur Beurteilung des Ausmaßes der Dislokation erfolgen.

Therapeutisch kann die Densfraktur, wenn sie sich retinieren lässt, konser-

vativ behandelt werden. Es werden sowohl Minerva-Gipsverband als auch ein Halo-Fixateur angepasst. Die Behandlung erfolgt über 6–12 Wochen. Radiologische Kontrollen sollten regelmäßig erfolgen. Eine Operationsindikation ist dann gegeben, wenn sich die Fraktur nicht oder nur in extremer Kopfposition retinieren lässt bzw. eine hochgradig instabile Verletzung vorliegt. Auch bei Kleinkindern ist eine Densverschraubung mit angepassten Implantaten wie beim Erwachsenen möglich und einer dorsalen Fusion vorzuziehen [7,8].

C2/C3-Verletzungen/traumatische Spondylyolyse/Spondylolisthese

Diese Verletzung tritt bei Kindern sehr selten auf und ist meist infolge eines Verkehrsunfalls zu beobachten. Diagnostisch stellen sich die Frakturen im seitlichen Röntgenbild gut dar. Mit Funktionsaufnahmen kann das Ausmaß der Instabilität beurteilt werden. Klassifiziert werden diese Frakturen wie beim Erwachsenen nach Effendi.

Therapeutisch hängt das Vorgehen vom Grad der Instabilität ab. Konservativ wird im Minerva-Gips oder im Halo-Fixateur für 4–6 Wochen behandelt [18].

C2/C7-Verletzungen

Aufgrund der hohen Elastizität und Flexibilität werden reine Kompressionsverletzungen selten bei Kindern beobachtet. Schwachstellen sind die osteokartilaginären Übergangszonen an den Wirbelkörperplatten und die intervertebralen Bandverbindungen. Die Diagnose lässt sich nicht immer röntgenologisch sichern, eine CT-Untersuchung lässt Verletzungsschwere und Grad der Dislokation besser darstellen und erkennen.

Klassifikaton: An der unteren HWS kann die von Magerl angegebene Klassifikation für die BWS und LWS verwendet werden. Unterschieden werden Kompressions- (Typ A), Distraktions- (Typ B) und Rotationsverletzungen (Typ C).

Typ-A-Verletzungen liegen meist als Keilkompressionsfrakturen vor. Häufig werden mehrere stabil eingestauchte Wirbel diagnostiziert. Eine gewisse Spontankorrektur wird beobachtet, kyphotische Fehlstellungen können verbleiben.

Typ-B-Verletzungen kommen als Hyperflexions- oder Hyperextensionsverletzungen vor. Aufgrund der diskoligamen-

tären Schädigung ist die Heilungsfähigkeit bei derartigen Verletzungen äußerst schlecht.

Typ-C-Verletzungen sind hochgradig instabile Segmentzerreißen mit Rotationsfehlstellung, welche häufig mit schweren neurologischen Störungen einhergehen [10,30,32].

Therapie und Prognose

Bei Typ-A-Verletzungen werden Kompressionsbrüche konservativ behandelt, bei Berstungsbrüchen mit ausgeprägter Kyphose bzw. bei neurologischen Störungen kommt die operative Therapie zum Zuge. Bei den Typ-B- und -C-Verletzungen ist aufgrund der Instabilität, schwierigen Retention, neurologischen Störungen und der posttraumatischen Fehlstellung eine Operationsindikation gegeben. Die ventrale interkorporelle Spondylodese gilt als Verfahren der Wahl.

Konservative Therapie

Die konservative Therapie hat nach wie vor einen großen Stellenwert bei der Behandlung von kindlichen Frakturen der Halswirbelsäule. Das Grundprinzip liegt in der Reposition und anschließenden Ruhigstellung. Eine Reihe von verschiedenen Orthesen wird verwendet. Zum Einsatz kommen weiche Zervikalstützen (Schanz-Krawatten), Camp-Kragen oder die hauptsächlich in der Präklinik verwendete Stiff Neck. Zu beachten sind eine kindergerechte Passform und Größe der verwendeten Orthesen. Auch werden Kopf-Brust-Gipsverbände (sog. Minerva-Gips) von den Kindern gut toleriert.

Eine weitere Therapiemöglichkeit ist der Halo-Fixateur. Bei Kindern wird empfohlen, mehr Pins als beim Erwachsenen zu verwenden. Regelmäßige Kontrollen mit Pflege der Eintrittsstellen und Nachziehen der Pins ist notwendig. Zu beachten sind das Vorliegen von Schädelfrakturen (Kontraindikation), begleitenden Verletzungen (Thoraxtrauma), Liquorlecks, Lockerung der Pins und die sog. Halo-Intoleranz [25,28].

Operative Therapie

Eine Reihe von operativen Verfahren stehen bei Verletzungen der Halswirbelsäule zur Verfügung. Je nach Art und Lokalisation der Fraktur kommt ein dorsaler oder ventraler Zugang infrage. Prinzipiell unterscheiden sich die verschiedenen Operationstechniken nicht von denen,

welche beim Erwachsenen zur Anwendung kommen.

1. Okzipitovervikale Fusion (C0/C2)
2. Dorsale atlantoaxiale Fusion (C1/C2) mit Cerclagen
3. Dorsale atlantoaxiale Fusion (C1/C2) mit transartikulärer Verschraubung
4. Verschraubung des Dens axis
5. Ventrale interkorporelle Spondylodese
6. Dorsale Spondylodese mit Cerclagen, Platten- oder Stabsystemen

Alle diese Operationsverfahren sind gerade beim Kind technisch nicht sehr einfach und bieten eine Reihe von Komplikationen und Fehlermöglichkeiten. Gerade die Seltenheit von kindlichen Wirbelsäulenverletzungen und die daraus resultierende niedrige Fallzahl von Operationen an der kindlichen Wirbelsäule zwingen zu größter Vorsicht [25,31] (Abb. 5).

Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule

In der Brust- und Lendenwirbelsäule entstehen Verletzungen meist aus einer Kombination aus Kompressions- und Flexionskräften. Am häufigsten betroffen sind die mittlere BWS und der thorakolumbale Übergang. Typisch bei Kindern sind Wirbelsäulenfrakturen und Mehretagenfrakturen; sie kommen in bis zu 70% der Fälle vor. In der Diagnostik hilft uns das seitliche Röntgenbild, bei Unklarheit kommt die Magnetresonanztomografie zum Einsatz. Bei Frakturen hilft uns das CT, das Ausmaß der ossären Verletzung bzw. Luxationen zu beurteilen [24,40].

Klassifikation: Die beim Erwachsenen etablierte AO-Klassifikation nach Magerl lässt sich auch auf die kindliche Wirbelsäule übertragen. Zusätzlich muss auch auf das Ausmaß der Wachstumsfugenverletzung geachtet werden. Es können Wachstumsstörungen mit vorzeitigem Fugenschluss und darauffolgendem Fehlwachstum auftreten [26,30,32].

Typ-A-Verletzungen

Ein Großteil der kindlichen thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen sind Kompressionsverletzungen. Als diskretes radiologisches Zeichen einer Impaktionsfraktur (A1.1) finden sich eine Abflachung der Deckplattenkontur sowie eine subchondrale Spongiosaverdichtung. Die Wirbelsäulenachse ist dadurch nicht betroffen.

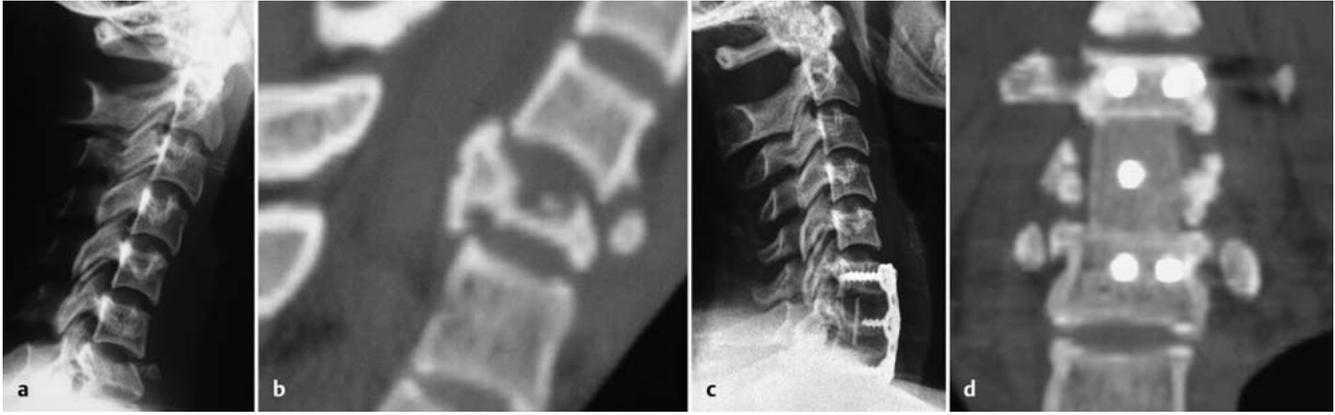


Abb. 5a bis d **a** Seitliches Röntgenbild einer 14-jährigen Patientin. Zustand nach axialem Stauchungstrauma bei Verkehrsunfall. Posttraumatische Kyphose C6/7 bei axialem Berstungsbruch C7 ohne neurologische Ausfälle. **b** Median-sagittale CT-Rekonstruktion zeigt einen kompletten Berstungsbruch A3.3. **c** Postoperatives seitliches Röntgen nach Korporektomie C7 und Interposition eines trikortikalen Beckenspans sowie Neutralisation mit Titan-HWS-Platte. **d** Koronare CT-Rekonstruktion zeigt den Beckenspan fugenlos eingefalzt.

Die Keilkompressionsfraktur (A1.2) zeigt eine deutliche Erniedrigung der Vorderkantenhöhe.

Spaltfrakturen (A2.1–A2.3) werden bei Kindern äußerst selten beobachtet. Kommt es zu einer Fraktur der Endplatte, einer Impressions-Spaltfraktur oder einer inkompletten Berstungsfraktur, (A3.1), kann Diskusmaterial in die Wirbelkörperpongiosa eingepresst werden. Im Verlauf ist das radiologische Erscheinungsbild ähnlich einem Schmorl'schen Knötchen beim Morbus Scheuermann und die Unterscheidung im Einzelnen schwierig.

Komplette Berstungsbrüche (A3.3) treten beim Kind äußerst selten auf, sind dann aber meist mit schweren neurologischen Störungen vergesellschaftet [5].

Typ-B- und -C-Verletzungen

Dorsal kann es zu interspinalen Bandrupturen oder Frakturen der Wirbelbögen kommen. Hyperextensions- oder Hyperflexionsbelastungen können zu traumatischen Spondylolysen durch Frakturen der Interartikularregion der Bögen führen. Bei C-Verletzungen sind die rotationssichernden Elemente wie Bandscheibe, intervertebrale Bandverbindungen, Quer- und/oder Gelenkfortsätze betroffen. Dabei liegt eine multidirektionale Instabilität als Ausdruck des massiven Traumas vor. Schwerwiegende Begleitverletzungen sind die Regel.

Therapie und Prognose

Die Therapie von stabilen Kompressionsfrakturen (A1) ist konservativ. Empfohlen wird, wenn nötig, eine kurzfristige

Bettruhe und anschließende frühzeitige Mobilisation. Bei instabilen Berstungsfrakturen (A3) wird, wenn keine neurologischen Schäden vorliegen, eine Reposition und Retention im Gipsmieder befürwortet.

Je älter die Kinder sind, desto mehr gleicht sich die Therapie der Erwachsenen an.

Bei Berstungsbrüchen mit Neurologie wird die Dekompression des Spinalkanals und die Stabilisierung empfohlen.

Instabile Distraktions- und Rotations-/Scherverletzungen (B- und C-Verletzungen) werden operativ behandelt.

Bei Stabilisierungen und Fusionen sollten diese möglichst kurzstreckig erfolgen. Bei sehr kleinen Kindern kommen Cerclagen an den hinteren Wirbelelementen zur Anwendung, weiters werden schiebende Platten und zunehmend winkelstabile Pedikel-Systeme verwendet. Wie beim Erwachsenen empfiehlt es sich, eine autologe Spongiosa-/Spananlage an die Bogen- und Dornfortsätze vorzunehmen. Winkelstabile Systeme haben sich zur Stabilisierung bewährt.

Die Prognose thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen bei Kindern gilt als sehr gut, vorausgesetzt es liegen keine neurologischen Störungen vor. Generell haben Kinder eine hohe Heilungs- und Korrekturpotenz. Die Ausheilung von Deformitäten kann im betroffenen Wirbel selbst oder auch regional durch übermäßiges Wachstum der Nachbarwirbel geschehen. Sagittale Keil deformitäten werden besser korrigiert als skoliotische Knickbildungen.

Distraktionsverletzungen neigen wie beim Erwachsenen zu chronischer Instabilität und kyphotischer Knickbildung. Unerkannte oder unbehandelte ossäre dorsale Zerreißen können zu progredienten Fehlstellungen führen. Deshalb sind engmaschige, röntgenologische Verlaufskontrollen notwendig, damit eine eventuell notwendige operative Stabilisierung frühzeitig durchgeführt werden kann [25,26].

Konservative Therapie

Hier stehen sich 2 unterschiedliche Therapiekonzepte gegenüber. Bei der funktionellen Behandlung nach Magnus wird auf jegliche Reposition verzichtet und stattdessen eine frühzeitige funktionelle Behandlung durchgeführt. Nach Böhler wird zuerst die Fraktur reponiert und anschließend retiniert. Bei beiden Konzepten ist eine Übungsbehandlung wichtiger Bestandteil des Therapiekonzepts.

Kompressionsfrakturen bei Kindern sind zumeist verdichtet und irreponibel eingestaucht, sodass eine Reposition des Wirbelkörpers nicht regelmäßig gelingt [7,9].

Operative Therapie

In der Regel wird bei schweren Berstungsfrakturen, Typ-B- und -C-Verletzungen sowie Luxationsfrakturen eine operative Stabilisierung durchgeführt. In der Regel wird von dorsal stabilisiert, eine zusätzliche ventrale Abstützung kann bei größeren Defekten der vorderen Säule und zu erwartendem Korrekturverlust im Einzelfall notwendig sein.



Abb. 6a bis d a CT-3D-Rekonstruktion des zervikothorakalen Übergangs eines 12-jährigen: Flexions-Kompressionsverletzung mit hinterer verhakter Luxationsfraktur Th1/2 ohne neurologische Ausfälle. b Die median-sagittale Rekonstruktion zeigt eine Dislokation um Wirbelkörperbreite nach dorsal. Die Abscherung erfolgte entlang der knorpeligen Endplatte Th2, wobei der Diskus an Th1 verblieb. c, d Röntgenverlaufskontrolle nach ventrodorsaler operativer Versorgung: Zustand nach Diskotomie und interkorporeller Spondylodese Th1/2 von ventral und dorsaler Reposition und Fusion Th1–4.

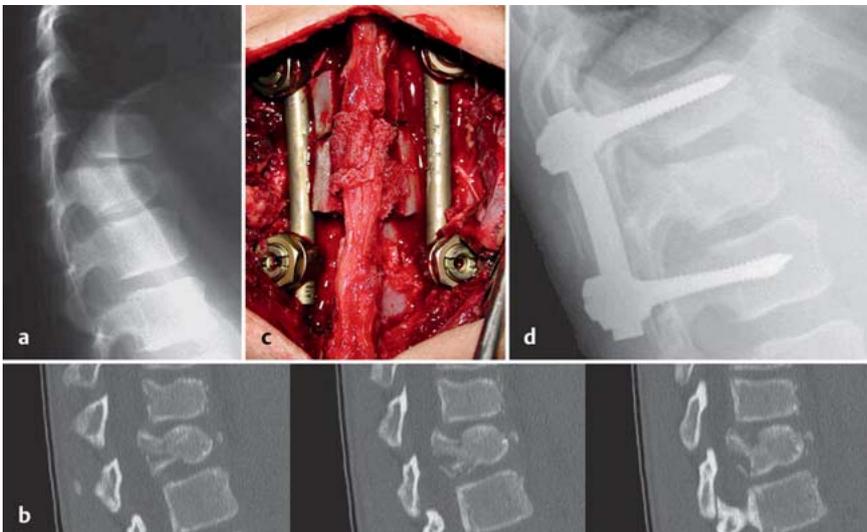


Abb. 7a bis d a Seitliches Röntgen des thorakolumbalen Übergangs eines 12-jährigen, welcher aus 8 m Höhe abstürzte: Posttraumatische Kyphose Th11/12 bei Kompressionsfraktur Th12. b Flexions-Distraktionsverletzung: Kompletter Berstungsbruch A3.3 und knöcherne Bandausrisse dorsal (Typ-B-Verletzung nach AO-Klassifikation). c Intraoperativer Situs: Die Stellungskorrektur erfolgte mit WS-Fixateur (USS). Der rupturierte Bandapparat wurde reseziert und autologe Beckenspäne wurden monosegmental interspinal/interlaminaär angelagert. d Postoperatives seitliches Röntgen zeigt anatomische Stellung am thorakolumbalen Übergang.

Bei kleinen Kindern können zumeist wegen der dünnen Weichteile und der engen Pedikel kaum Schraubenverankerungen vorgenommen werden. Da es sich häufig um dorsale Zerreißen (Typ-B-Verletzungen) handelt und die Verletzung bei Kindern rasch abheilt, genügen häufig zuggurtende Cerclagen um die Dornfortsätze oder um die Wirbelbögen. Zur Verwendung kommen Titan-kabel, da sie einfach zu handhaben sind und außerdem folgende MRT-Untersuchungen erleichtern. Bei dorsalen knöchernen Wirbelbogenzerreißen ist

eine autologe Knochenanlagerung meist nicht nötig. Bei rein ligamentären Zerreißen sollte eine segmentale, interlaminaäre-interspinal Spongiosaanlagerung erfolgen. Eine zusätzliche Ruhigstellung im Gipsmieder oder mittels Brace ist normalerweise notwendig.

Liegen ausreichend dicke Pedikel an der BWS und LWS vor, sollten Pedikelsysteme verwendet werden. Das Einbringen der Pedikelschrauben erfolgt unter Bildwandlerkontrolle in a.-p. und seitlicher Projektion [7, 25, 26] (Abb. 6 und 7).

Literatur

- Alker GJ, Oh YS, Leslie EV et al. Postmortem radiology of head and neck injuries in fatal traffic accidents. *Radiology* 1975; 114: 611–617
- Anderson JM, Schutt AH. Spinal injury in children: a review of 156 cases seen from 1950 through 1978. *Mayo Clin Proc* 1980; 55: 499–504
- Aufdermaur M. Spinal injuries in juveniles. Necropsy findings in twelve cases. *J Bone Joint Surg [Br]* 1974; 56: 513–519
- Bailey DK. The normal cervical spine in infants and children. *Radiology* 1952; 59: 712–719
- Begg AC. Nuclear herniations of the intervertebral disc. *J Bone Joint Surg [Br]* 1954; 36: 180–193
- Bettini N, Malaguti MC, Sintini M et al. Fractures of the occipital condyles: report of four cases and review of the literature. *Skeletal Radiol* 1993; 22: 187–190
- Blauth M, Schmidt U. Wirbelsäulenverletzungen bei Kindern. In: Tscherne H, Blauth M, Hrsg. *Tscherne Unfallchirurgie Wirbelsäule*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1997
- Blauth M, Schmidt U, Lange U. Verletzungen der Halswirbelsäule bei Kindern. *Unfallchirurg* 1998; 101: 590–612
- Böhler L. Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12.–13. Aufl., Bd. 1. Wien: Maudrich; 1951: 318–480
- Braakmann M, Braakmann R. Hyperflexion sprain of the cervical spine. Follow-up of 45 cases. *Acta Orthop Scand* 1987; 58: 388–393
- Bucholz RW, Burkhead WZ. The pathological anatomy of fatal atlanto-occipital dislocations. *J Bone Joint Surg [Am]* 1979; 61: 248–250
- Burke DC. Traumatic spinal paralysis in children. *Paraplegia* 1974; 11: 268–276
- Butler RW. The nature and significance of vertebral osteochondritis. *Proc Roy Soc Med* 1955; 48: 895–902
- Caffey J. *Pediatric X-ray diagnosis*. Chicago: Year Book Medical; 1967
- Cattel HS, Fitzer DL. Pseudosubluxation and other normal variations in the cervical spine in children. A study of one hundred and sixty children. *J Bone Joint Surg [Am]* 1965; 47: 1295–1309

- ¹⁶ Collalto PM, De Muth WW, Schwentker EP et al. Traumatic atlanto-occipital dislocation. Case report. *J Bone Joint Surg [Am]* 1986; 68: 1106–1109
- ¹⁷ Di Benedetto T, Lee CK. Traumatic atlanto-occipital instability. A case report with follow-up and a new diagnostic technique. *Spine* 1990; 15: 595–597
- ¹⁸ Effendi B, Roy D, Cornish B et al. Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg [Br]* 1981; 63: 319–327
- ¹⁹ Fielding JW. Selected observations on the cervical spine in the child. In: Ahstrom Jr JP, ed. *Current Practice in Orthopaedic Surgery*. Vol. 5. St. Louis: C. V. Mosby Co.; 1973: 31–55
- ²⁰ Fielding JW, Hawkins RJ. Atlanto-axial rotatory fixation. (Fixed rotatory subluxation of the atlanto-axial joint. *J Bone Joint Surg [Am]* 1977; 59: 37–44
- ²¹ Georgopoulos G, Pizzutillo PD, Lee MS. Occipito-atlantal instability in children. A report of five cases and review of the literature. *J Bone Joint Surg [Am]* 1987; 69: 429–436
- ²² Glasauer FE, Cares HL. Traumatic paraplegia in infancy. *JAMA* 1972; 219: 38–41
- ²³ Hill SA, Miller CA, Kosnik EJ et al. Pediatric neck injuries. A clinical study. *J Neurosurg* 1984; 60: 700–706
- ²⁴ Hubbard DD. Injuries of the spine in children and adolescents. *Clin Orthop Relat Res* 1974; 100: 56–65
- ²⁵ Kathrein A, Blauth M. Wirbelsäulenverletzungen im Kindesalter. In: *Tscherne Unfallchirurgie, Unfallchirurgie im Kindesalter Teil 1, Kapitel 17*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2006: 513–517
- ²⁶ Kathrein A, Huber B, Waldegger M et al. Die Behandlung von Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule bei Kindern. *Orthopäde* 1999; 28: 441–450
- ²⁷ Keller RH. Traumatic displacement of the cartilagenous vertebral rim: a sign of intervertebral disc prolapse. *Radiology* 1974; 110: 21–24
- ²⁸ Letts M, Kaylor D, Gouw G. A biomechanical analysis of halo fixation in children. *J Bone Joint Surg [Br]* 1988; 70: 277–279
- ²⁹ Leventhal HR. Birth injuries of the spinal cord. *J Pediatr Orthop* 1960; 56: 447
- ³⁰ Magerl F. Frakturen und Luxationen der Wirbelsäule. In: Weber BG, Brunner C, Freuler F, Hrsg. *Die Frakturbehandlungen bei Kindern und Jugendlichen*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer; 1978
- ³¹ Magerl FP, Seemann PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A, eds. *Cervical spine I*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer; 1987: 322–327
- ³² Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD et al. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 3: 184–201
- ³³ Mikawa Y, Watanabe R, Yamano Y et al. Fracture through a synchondrosis of the anterior arch of the atlas. *J Bone Joint Surg [Br]* 1987; 69: 483
- ³⁴ Montane I, Eismont FJ, Green BA. Traumatic occipito-atlantal dislocation. *Spine* 1991; 16: 112–116
- ³⁵ Ogden J. *Skeletal injuries in the child*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1982
- ³⁶ Page CP, Story JL, Wissinger JP et al. Traumatic atlanto-occipital dislocation. Case report. *J Neurosurg* 1973; 39: 394–397
- ³⁷ Pang D, Wilberg JE. Traumatic atlanto-occipital dislocation with survival: case report and review. *Neurosurgery* 1980; 7: 503–508
- ³⁸ Pang D, Wilberger JE. Spinal cord injury without radiographic abnormalities in children. *J Neurosurg* 1982; 57: 114–129
- ³⁹ Richards PG. Stable fractures of the atlas and the axis in children. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1984; 47: 781–783
- ⁴⁰ Roaf R. A study of the mechanics of the spinal injuries. *J Bone Joint Surg [Br]* 1960; 42: 810–823
- ⁴¹ Routt Jr ML, Green NE. Jefferson fracture in a 2-year-old child. *J Trauma* 1989; 29: 1710–1712
- ⁴² Suss RA, Zimmermann RD, Leeds NE. Pseudospread of the atlas: false sign of Jefferson fracture in young children. *Am J Roentgenol* 1983; 140: 1079–1082
- ⁴³ Swischuk LE. Anterior displacement of C2 in children: physiologic or pathologic? *Pediatr Radiol* 1977; 122: 759–763
- ⁴⁴ Townsend EH, Rowe ML. Mobility of the upper cervical spine in health and disease. *Pediatrics* 1952; 10: 567–573
- ⁴⁵ Weir DC. Roentgenographic signs of cervical injury. *Clin Orthop Relat Res* 1975; 109: 9–17

Dr. med. Christian Klimmer
 Facharzt für Unfallchirurgie
Prim. Dr. med. Anton Kathrein
 Facharzt für Unfallchirurgie
 und Sporttraumatologie

Abteilung für Unfallchirurgie
 und Sporttraumatologie
 Allgem. öffentl. Krankenhaus
 St. Vinzenz
 Sanatoriumstraße 43
 6511 Zams
 Österreich

anton.kathrein@krankenhaus-zams.at