

# Kindertraumatologie

## Risiken erkennen – Chancen nutzen

Für eine adäquate Frakturbehandlung müssen sowohl das jeweilige Potenzial zur Spontankorrektur in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und individuellem Entwicklungsstand des Kindes sowie das Wachstumspotenzial der betroffenen Fuge beurteilt werden. Hierfür sind detaillierte Kenntnisse der Wachstumsvorgänge am kindlichen Skelett erforderlich.

Von Martin Schwind<sup>1</sup>, Stephan Rohleder<sup>1</sup>, Sven-Oliver Dietz<sup>2</sup> und Salmai Tural<sup>1</sup>

**Bestimmte Frakturen können mitunter nur aufgrund indirekter Zeichen erkannt werden.**

Verletzungen am wachsenden Skelett bieten einerseits besondere Chancen (Spontankorrektur von Fehlstellungen, Remodeling, rasche Knochenbruchheilung), bergen andererseits aber auch spezielle Risiken (Wachstumsstörungen). Für das Erkennen und die adäquate Behandlung kindlicher Knochen und Gelenkverletzungen sind daher detaillierte Kenntnisse der Wachstumsvorgänge am kindlichen Skelett unabdingbar. Generell gilt, dass bei langen Röhrenknochen das endostal-periostale System für das Dickenwachstum und die Epiphysenfugen für das Längenwachstum verantwortlich sind. Bereits 1895 erkannte Roux, dass beide Systeme letztlich ein Maximum an Belastbarkeit bei minimalem Materialaufwand anstreben (sog. Rouxsches Gesetz). Die knorpelige Epiphysenfuge kann in einen epiphysären und einen metaphysären Anteil gegliedert werden, wobei nur der epiphysäre Anteil eine Proliferationspotenz besitzt (1). Die Blutversorgung der Epiphysenfuge erfolgt aus drei Gefäßsystemen: einem metaphysären, einem epiphysären und einem aus dem umgebenden Perichondrium (2).

Der Anteil der einzelnen Epiphysenfugen am Längenwachstum des jeweiligen langen Knochens ist nicht gleich, wobei die Unterschiede vor allem an der oberen Extremität ganz erheblich sind. Darüber hinaus findet auch der physiologische Wachstumsschluss der Fugen zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt. Dieser ist neben der Lokalisation unter anderem auch abhängig vom Geschlecht (bei Mädchen üblicherweise 2 Jahre früher), individuellem Entwicklungsstand und genetischer Veranlagung des Kindes (3).

### Diagnostik

Bei der Diagnostik kindlicher Knochenverletzungen haben Eigen- und Fremdanamnese, Inspektion und klinische Untersuchung trotz aller technischen Möglichkeiten weiterhin einen hohen Stellenwert. Bei Verletzungen mit einem hohen Risiko begleitender

Gefäß- und Nervenschäden, wie sie bei der supracondylären Humerusfraktur (4) oder der Kniegelenkluxation auftreten können, ist die klinische Prüfung von Durchblutung, Motorik und Sensibilität im Rahmen der altersentsprechenden Möglichkeiten des Patienten unerlässlich.

Zum anderen muss man sich im Klaren sein, dass jede unnötige, schmerzhaft Manipulation im Rahmen klinischer Prüfungen oder die Verzögerung weiterführender Diagnostik und Therapie eine weitere Traumatisierung des Kindes darstellt. Bei offensichtlichen Fehlstellungen sollte daher die klinische Untersuchung auf die essenzielle Prüfung der Sensomotorik und Durchblutung beschränkt werden. Wenn nicht bereits erfolgt, sollten eine rasche Immobilisierung, zum Beispiel mit einem Splint, sowie eine adäquate Schmerztherapie der weiteren Diagnostik vorausgehen. Bei dislozierten Brüchen kann auf die häufig schmerzhaft Anfertigung eines Röntgenbildes in der zweiten Ebene durchaus verzichtet werden. Bereits im Rahmen der Diagnostik ist eine explizite Kenntnis der zeitlichen Abfolge des röntgenologischen Auftretens der Knochenkerne der Apo- und Epiphysen sowie der zeitlichen Abfolge beim physiologischen Fugenschluss erforderlich (5).

Bestimmte Frakturen können bei noch völligem Fehlen von Knochenkernen konventionell röntgenologisch teilweise nur aufgrund indirekter Zeichen erkannt werden. Daher kommt, gerade bei sehr kleinen Kindern, der klinischen Beurteilung und gegebenenfalls auch der Sonografie ein besonderer Stellenwert zu. Auch das «Fehlen» knöcherner Strukturen, die altersentsprechend auf den Röntgenbildern eigentlich dargestellt sein sollten, muss wahrgenommen werden.

### Chance Spontankorrektur

Als Chance bei kindlichen Knochenverletzungen ist die Möglichkeit der Spontankorrektur von Fehlstellungen im Rahmen des Wachstums zu betrachten. Ge-

<sup>1</sup> Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie der Universitätsmedizin Mainz.

<sup>2</sup> Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie der Universitätsmedizin Mainz.



Abbildung 1: Spontankorrektur einer sekundär dislozierten metaphysären Unterarmfraktur (A bis C)

nerell gilt hierbei, dass das Korrekturpotenzial umso höher ist, je grösser die Wachstumspotenz in der jeweiligen Region ist. Hierbei spielen der Anteil der betreffenden Fuge am Längenwachstum und der Zeitpunkt des physiologischen Fugenschlusses und damit das Alter und das Geschlecht des Kindes eine wesentliche Rolle (6).

Obwohl prinzipiell die Korrektur von Achsabweichungen in allen drei Ebenen möglich ist, bestehen hier jedoch deutliche Unterschiede. Rotationsfehler können letztlich nur zufällig im Rahmen von ohnehin ablaufenden physiologischen Torsionsveränderungen im Lauf des Wachstums ausgeglichen werden. Da eine Korrektur von Rotationsfehlern also nicht zuverlässig erfolgt, muss konsequent eine aktive Korrektur erfolgen.

Nur an Lokalisationen, in denen derartige Fehler aufgrund des grossen physiologischen Bewegungsausmasses funktionell gut kompensiert werden, wie am proximalen Humerus oder dem Femur, kann eine derartige Fehlstellung belassen werden.

Eine gezielte Korrektur von Längendifferenzen findet nie statt. Verkürzungsfehlstellungen können sich allerdings, ähnlich wie die Rotationsfehler, durch ein ungezieltes rein epiphysäres Mehrwachstum im Rahmen stimulativer Wachstumsstörungen ausgleichen, das Ausmass ist allerdings zufällig.

Seit-zu-Seit-Verschiebungen bis zu voller Schaftbreite können dagegen durch endostales und periostales Remodeling an fast allen Lokalisationen des Skeletts zuverlässig ausgeglichen werden. Die generelle Altersgrenze hierfür liegt bei etwa 10 bis 12 Jahren.

Fehlstellungen in der Frontal- und Sagittalebene werden korrigiert, indem der meta- oder diaphysäre Achsknick wie bei der Seit-zu-Seit-Verschiebung durch Remodeling ausgeglichen wird (Abbildung 1). Gleichzeitig richtet sich die Epiphyse durch unterschiedliches Wachstum in der Fuge wieder aus. Hierbei spielen statische oder funktionelle Veränderungen des Drucks auf die Fuge eine wesentliche Rolle (2).

### Risiko Wachstumsstörung

Der Möglichkeit einer Spontankorrektur von Fehlstellungen steht das Risiko deformierender und funk-

tionell beeinträchtigenden Wachstumsstörungen gegenüber. Generell können hemmende und stimulierende Wachstumsstörungen unterschieden werden. Hemmende Wachstumsstörungen treten in der Regel bei einer Traumatisierung der Epiphysenfuge auf. Bei noch offenen Fugen führen Axialtraumen zu meist stereotypen Frakturverläufen mit Gelenkbeteiligung. Für den metaphysären Anteil der Wachstumsfuge besteht vor allem in der Pubertät eine deutlich herabgesetzte Widerstandsfähigkeit gegenüber Scher- und Biegekräften (2). Bei all diesen Verletzungen kann es zu einem vorzeitigen Fugenschluss und somit zu einer Verkürzung der Extremität kommen (Abbildung 2). Bei einem vollständigen Fugenschluss kommt es zum Wachstumsstillstand an der betroffenen Fuge, bei einem partiellen zu einer Fehlstellung des angrenzenden Gelenks. Die Folgen einer hemmenden Wachstumsstörung sind umso gravierender, je jünger das Kind ist (7).

Da sich aus dem Frakturverlauf auch eine prognostische Aussage für das Auftreten von Wachstumsstörungen ableiten lässt, sind Frakturklassifikationen, die eine systematische Einteilung ermöglichen, für die Vergleichbarkeit überaus hilfreich. Die gebräuchlichsten Klassifikationen der Epiphysenverletzungen sind gegenwärtig die Salter-Harris- (8) und die Li-La-Klassifikation (9).

Stimulative Wachstumsstörungen treten bei ausgeprägter Dislokation durch vermehrte und verlängerte reparative Vorgänge nach einer Fraktur in der Nähe einer Wachstumsfuge auf. Die Hyperperfusion in der Fuge

Abbildung 2: Zentrale Wachstumsstörung durch partiellen Fugenschluss der distalen Tibia-Wachstumsfuge

**Eine gezielte Korrektur von Längendifferenzen findet nie statt.**

### Wesentliches für die Praxis

- Die Behandlung kindlicher Knochen- und Gelenkverletzungen erfordert die genaue Kenntnis der Wachstumsvorgänge.
- Die Möglichkeit einer zuverlässigen Spontankorrektur muss bei der Therapieentscheidung berücksichtigt werden.
- Es ist sehr wichtig, die Patienten/Eltern bereits bei der Besprechung der Therapieoptionen auf die Möglichkeit verletzungsbedingter Wachstumsstörungen hinzuweisen.



Abbildung 3: A: Salter-II-Fraktur distale Tibia (Unfallbild); B: Transepiphysäre Kirschnerdraht-Osteosynthese

führt zu einer passageren Wachstumsstimulation, die mit Abschluss des Remodelings der Fraktur wieder sistiert. Somit sind stimulative Wachstumsstörungen zeitlich begrenzt, ihr Ausmass ist abhängig vom Ausmass der reparativen Vorgänge, der Häufigkeit von Operationen oder Manipulationen im Frakturbereich. Femurschaftfrakturen bei Kindern unter zehn Jahren führen beispielsweise regelhaft zu einer stimulativen Wachstumsstörung mit entsprechender Beinlängendifferenz.

### Therapie

Schon allein aufgrund der schnellen Frakturheilung bei Kindern kommt der konservativen Therapie im Kindesalter ein wesentlich grösserer Stellenwert zu als bei den Erwachsenen. Immobilisationsschäden wie Gelenkversteifungen oder Muskelatrophien sind deutlich weniger ausgeprägt beziehungsweise werden schneller wieder kompensiert. Zur Therapieplanung muss das Potenzial von Spontankorrekturen der Fehlstellungen berücksichtigt werden.

Ist die Dislokation des jeweiligen Knochens ausserhalb der Toleranzgrenzen, so kann eine geschlossene Reposition in Narkose beziehungsweise Analgosedierung mit anschliessender Gipsruhigstellung erfolgen. Ist nicht damit zu rechnen, dass die alleinige Ruhigstellung ausreicht, um die Fraktur ausreichend zu retinieren, ist die Indikation für eine Osteosynthese gegeben. Auch bei geschlossenen, nicht reponierbaren Frakturen oder Gelenkfrakturen mit einer Stufenbildung von mehr als 2 mm sollte eine operative Wiederherstellung der Gelenkfläche mit osteosynthetischer Versorgung erfolgen (10). Zur kindertraumatologischen Frakturversorgung werden bevorzugt Osteosyntheseverfahren eingesetzt, die nicht zu einer iatrogenen Schädigung der Wachstumsfuge führen. Im Bereich der Epiphysen ist hierbei die Kirschnerdraht-Osteosynthese die verbreitetste Methode (Abbildung 3). Bei diesem Verfahren ist nicht mit der Ausbildung von dauerhaften Knochenbrücken in den Fugen und somit mit Wachstumsstörungen zu rechnen. Kirschnerdrähte können häufig perkutan ausgeleitet werden. Damit entfällt nach Frakturkonsolidierung die Narkose für die Metallentfernung.

Sollte die Notwendigkeit der exakten anatomischen Reposition bestehen, wie zum Beispiel bei dislozierten Fugengelenkfrakturen, werden häufig Schrauben ein-

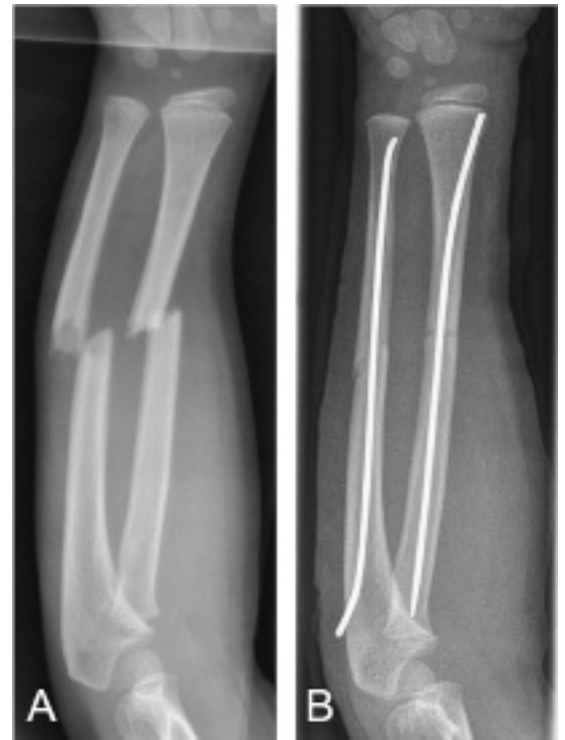


Abbildung 4: A: Dislozierte Unterarmschaftfraktur; B: Versorgung der Unterarmschaftfraktur mittels TEN (titanium elastic nails)

gesetzt. Dabei ist zu beachten, dass die Schraube nicht die Wachstumsfuge tangiert. Weitere «kinderspezifische» Implantate sind die intramedullären «titanium elastic nails» (TEN) oder Prevot-Nägeln, die vorwiegend bei Frakturen im Schaftbereich langer Röhrenknochen zum Einsatz kommen (11) (Abbildung 4). Dieses Osteosyntheseverfahren ist als minimalinvasiv zu bezeichnen, da nach geschlossener Reposition die Nägel über kleine frakturferne Inzisionen in den Markraum eingebracht werden. Je nach Frakturtyp kann hiermit sogar eine primäre Belastungsstabilität erreicht werden.

Der Fixateur externe wie auch die Plattenosteosynthese haben ihren Stellenwert bei speziellen Indikationen oder insbesondere bei Revisionen. Im Rahmen der Nachbehandlung ist daran zu denken, dass gerade bei kleinen Kindern die spontane Mobilisation durch Spielen und normale Bewegung der schonendste Weg zur Wiedererlangung der vollen Beweglichkeit sein kann. Physiotherapie von erfahrenen Therapeuten im Umgang mit Kindern oder geführte Bewegungsorthesen sind nur in Sonderfällen notwendig, sofern eine spontane Mobilisierung ausbleibt oder Bewegungseinschränkungen persistieren.

### Korrespondenzadresse:

Dr. med. Martin Schwind  
 Leiter interdisziplinärer Bereich Kindertraumatologie  
 Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie  
 Universitätsmedizin Mainz  
 Langenbeckstrasse 1  
 D-55131 Mainz  
 E-Mail: martin.schwind@unimedizin-mainz.de

Dieser Beitrag ist eine leicht überarbeitete Version eines Artikels, der zuerst in der Zeitschrift «Kinderärztliche Praxis» 2/2014 erschienen ist. Der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung durch Autor und Verlag.

**Physiotherapie oder geführte Bewegungsorthesen sind nur in Sonderfällen notwendig.**

## Literatur:

1. Ogden, JA, Rosenberg LC: Defining the growth plate. In: Uthoff HK, Wiley JJ (Hrsg.): Behavior of the Growth Plate; p: 490, Raven Press, New York, 1988.
2. von Laer L, Kraus R, Linhart WE: Korrekturmechanismen des wachsenden Skeletts. In: Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter; p: 12–19; Thieme Stuttgart, New York, 2012.
3. Ogden JA: Anatomy and physiology of skeletal development. In: Skeletal injury in the child. p: 1–38. Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, 2000.
4. Mumenthaler M, Stöhr M, Müller-Vahl H: Läsionen einzelner Nerven im Schulter-Arm-Bereich. In: Mumenthaler M, Stöhr M, Müller-Vahl H (Hrsg.): Läsionen peripherer Nerven und radikuläre Syndrome. P: 224–319. Thieme, Stuttgart, New York, 2007.
5. Freyschmidt J: Ellenbogengelenknahe Knochenabschnitte und Ellenbogengelenk. In: Brossmann J et al.: (Hrsg.) Freyschmidt's «Köhler/Zimmer», Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen in der Radiologie des kindlichen und erwachsenen Skeletts. p: 210–235. Thieme, Stuttgart, 2001.
6. Xian CJ, Foster BK: The biologic aspects of children's fractures. In: Beaty JH, Kasser JR (Hrsg.): Rockwood and Wilkins' fractures in children. p: 18–244. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2013.
7. Rathien KE, Birch JG: Physeal injuries and growth disturbances. In: Rockwood CA, Wilkins KE (Hrsg.): Rockwood and Wilkins' fractures in children. p: 91–120. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2013.
8. Salter RB, Harris WR: Injuries involving the epiphyseal elate. Am J Bone Joint Surg 1963; 45 (3): 587–622.
9. Marzi I: Frakturklassifikationen im Kindesalter. In: Marzi I (Hrsg.): Kindertraumatologie. p: 23. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 2006.
10. Accadbled F, Foster BK (2010) Management of growth plate injuries. In: Benson M (Hrsg.): Children's Orthopaedics and Fractures. p: 687–701. Springer, New York, Berlin, Heidelberg, 2010.
11. Lascombes P, Haumont T, Journeau P: Use and abuse of flexible intramedullary nailing in children and adolescents. J Pediatr Orthoped 2006; 26(6): 827–834.