

Cornelia Schröder

MRT bei Kindern und Jugendlichen mit Sportverletzungen

Auch bei Kindern und Jugendlichen erweist sich die Magnetresonanztomographie (MRT) täglich als diejenige bildgebende Methode, die allen anderen überlegen ist. Insbesondere sollte das konventionelle Röntgen in Zukunft nur noch bei den Fragestellungen angewendet werden, die sich mit dieser Methode auch wirklich lösen lassen – das ist im Wesentlichen die Frage nach einer Fraktur. Bestehen gleichzeitig Fragen nach Weichteilverletzungen, z.B. im Sinne einer Bandruptur, die gegebenenfalls eine OP-Indikation darstellen würde, ist die Magnetresonanztomographie die Methode der Wahl. In besonderen Fällen (z.B. bei Trümmerfrakturen) kann auch eine Computertomographie notwendig sein, da die Möglichkeit der dreidimensionalen Darstellung aus dem CT-Datensatz das operative Vorgehen beeinflussen kann.

Im diesem Artikel sollen die wesentlichen Befunde von MRT-Untersuchungen bei Kindern mit Sportverletzungen dargestellt werden. Möge der Leser selbst entscheiden, welche der Befunde er im konventionellen Röntgenbild oder anderen Verfahren identifiziert oder sicher ausgeschlossen hätte. Im Zweifelsfall hilft immer die Frage: „Welche Bildgebung würde ich in diesem mir jetzt vorliegenden Fall bei meinem eigenen Kind/Verwandten anwenden“? Man wird sich wundern, wie selten man dann das vermeintlich so sparsame Röntgenbild machen würde!

Entscheidungshilfen für Untersucher

Es sei an dieser Stelle erlaubt, bzgl. der Indikationsstellung bei Untersuchungen noch einmal auf zwei Aspekte aufmerksam zu machen:

1. Jede Röntgenuntersuchung ist eine Strahlenbelastung. Der die

Untersuchung durchführende Arzt (nicht der Zuweiser!) hat über die notwendige Fachkunde zu verfügen und muß überprüfen, ob es für den Einzelfall eine geeignetere, nicht strahlenbelastende Methode gibt (rechtfertigende Indikation!). Wenn ja, muß diese geeignetere Methode angewendet werden (Strahlenschutzverordnung!).

2. Eine Röntgenuntersuchung z.B. eines Gelenks in drei Ebenen kostet lt. EBM (in der kassenärztlichen Versorgung) ca. 15 Euro, ein MRT ca. 120 Euro. Zu bedenken ist, dass die MRT-Untersuchung eine ungleich höhere Aussagefähigkeit hat.

Die weit verbreitete Vorgehensweise „erst einmal“ zu röntgen und dann doch noch ein MRT zu machen („auf den Röntgenbildern war nichts zu sehen...“ – welch’ Wunder!) muß im Sinne der Kin-

der dringend eingestellt werden! Noch dazu ist Stufendiagnostik unwirtschaftlich, man sollte in einem Schritt zur Diagnose kommen. Zudem führt ein unauffälliges Röntgenbild leider in manchen Fällen zu einer vermeintlichen Sicherheit („Patient hat nichts“) und damit zur Verzögerung der Diagnosestellung (Beispiel: Navikularefrakturen sind im Röntgenbild oft nicht zu erkennen!).

Durchführung der MRT-Untersuchung

Bei der Untersuchung von Gelenken bei Kindern und Jugendlichen ist zu beachten:

Wahl der geeigneten Spule

1. Wie groß ist das zu untersuchende Volumen? Danach richtet sich die Größe der zu verwendenden Spule.
2. Kann es bei der Fragestellung sinnvoll sein, Gelenke im Seitenvergleich darzustellen?



■ Abb. 1a/1b/1c: Spondylolyse ohne Spondylolisthese

3. Ist es aufgrund der Fragestellung sinnvoll, benachbarte Gelenke mit zu erfassen? Beim „Beinschmerz“ mit Schonhaltung ist es oft nicht einfach, zu entscheiden, von welcher Lokalisation der Schmerz ausgeht. Insofern kann eine Übersichtssequenz (STIR) mit großem Field of View z.B. mittels einer Spine Coil sehr hilfreich sein.
4. Besteht eine Bewegungseinschränkung eines Gelenks, kann eine MRT-Untersuchung in atypischer Lage (z.B. MRT des Kniegelenks in Seitenlage) versucht werden. Manchmal kann man so

Im vorliegenden Artikel sollen Verletzungsfolgen folgender Regionen vorgestellt werden:

- Wirbelsäule
- Becken, Hüftgelenke
- Kniegelenk
- Sprunggelenk
- Handgelenk

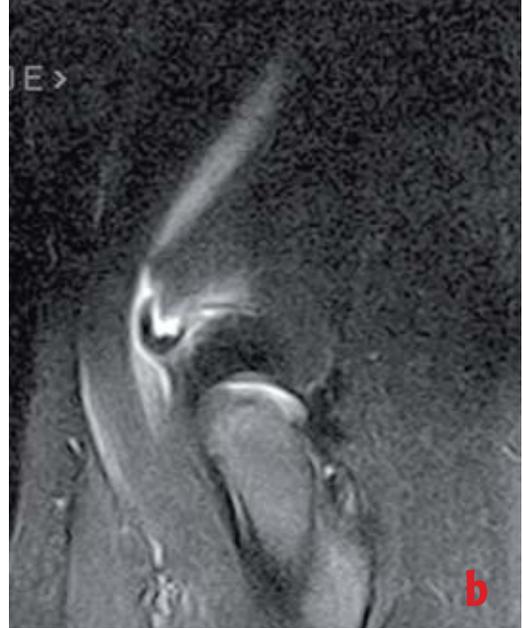
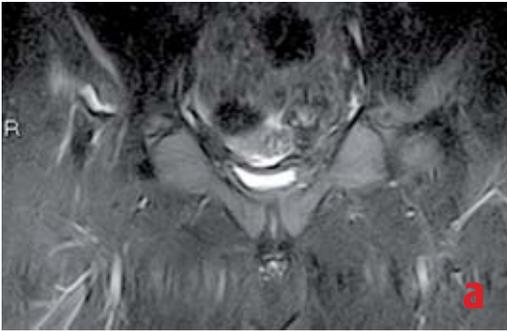
Typische MRT-Befunde der Wirbelsäule nach Sportverletzung

Die wesentlichen Befunde nach Wirbelsäulentrauma sind:

erreichen, eine für das kleine Volumen geeignete Spule zu verwenden.

- die Wirbelkörperkontusion bzw die Wirbelkörperkompressionsfraktur
- die Spondylolyse ohne oder mit Spondylolisthese

Oft sind die oben erwähnten Verletzungsfolgen im konventionellen Röntgenbild nicht zu erkennen. Daher sollte man die Diagnostik bei obigen Fragestellungen gleich mit dem MRT beginnen. Die hohe Trefferquote bezüglich pathologischer Befunde wird die zuweisenden Kollegen in kurzer Zeit überzeugen. Kompliziertere Fragestellungen wie die Densfraktur oder die Wirbelkörpertrümmerfraktur mit vermuteter Beteiligung des Spinalkanals sind im Allgemeinen der Notfalldiagnostik mittels CT vorbehalten. Dies wegen der schnelleren Verfügbar-



■ Abb. 2a/b: Apophysenabritt

keit, zum anderen wegen der besseren Differenzierbarkeit kleiner Knochensplitter und der Möglichkeit der geeigneteren 3-D- und Volume-Rendering-Darstellungsmöglichkeiten.

Technisches Vorgehen bei einer MRT-Untersuchung der Wirbelsäule

■ Lagerung

Der junge Patient wird in Rückenlage auf einer Spine-Spule gelagert. Es ist darauf zu achten, dass eine möglichst schmerzfreie Position gefunden wird, dabei kann z.B. eine Rolle unter den Knien entscheidend zur Entspannung beitragen.

■ MRT-Sequenzen

STIR coronal
 FSE T2 sagittal
 FSE T1 sagittal
 FSE T2, transversal
 (ggfalls. mit FatSat)

■ Bildbeispiele

Bei einer Kompressionsfraktur eines Jugendlichen nach Sturz auf den Rücken erkennt man in den

fettsupprimierenden Sequenzen gut das signalaufweisende grund- und deckplattenparallele Knochenmarködem. Insbesondere in der Stir-Sequenz, welche als die „Pathologiesuchsequenz“ angesehen werden kann, gelingt die Lokalisation des Ödems leicht. Abbildung 1 a und b zeigen ein Beispiel für eine Spondylolyse ohne Spondylolisthese. Die MRT-Untersuchung zeigt auch hier die Pathologie aufgrund des Knochenmark- und Weichteilödems gut an. Der Lysespalt ist oft sehr fein, er läßt sich oft in transversaler oder sagittaler Schichtlage nur gerade eben erkennen.

Seitdem wir die MRT zur Diagnostik bei Rückenschmerzen einsetzen, finden wir die Frühstadien einer Spondylolyse immer häufiger anhand der beschriebenen Kollateralphänomene. Insbesondere bei jungen Leistungssportlern (Handball, Fußball) ist eine initiale Spondylolyse keine Seltenheit mehr. Sportkarenz für einige Wochen führt meist zur

Ausheilung. Die Entwicklung einer Spondylolisthese ist bei Jugendlichen selten.

Typische MRT-Befunde der Hüftgelenke und des Beckens nach Sportverletzung

Technisches Vorgehen bei einer MRT-Untersuchung der Hüftgelenke/des Beckens:

Lagerung

Rückenlage, Cardiac- oder Body-Coil

■ MRT-Sequenzen

STIR coronal
 FSE T1 coronal
 FSE PD FatSat sagittal bds.
 FSE T2 transversal FatSat

Bildbeispiele

Eine typische Verletzung des Adoleszenten ist ein Apophysenabritt. Die häufigste Lokalisation ist die Spina iliaca anterior inferior, hier

kommt es nach Trauma (z.B. Ausfallschritt) zum Apophysenabriß der Rectus femoris-Sehne (Abbildung 2a,b). Sowie es zur Kallusbildung kommt, läßt sich die Diagnose auch aus dem konventionellen Röntgenbild stellen.

Eine weitere (seltene) Läsion bei Adoleszenten ist die Epiphyseolyse (Abb. 3a/b). Diese ist meist eine Folge von Überbelastung; sie ist bei adipösen Mädchen häufiger als bei Jungen. Ein Apophysenabriß heilt im Allgemeinen nach einigen Wochen aus, eine Epiphyseolyse dagegen stellt eine Op-Indikation dar.

Typische MRT-Befunde des Kniegelenks nach Sportverletzung

Im Allgemeinen ist die Indikation zur MRT-Untersuchung des Kniegelenks nach Trauma eine Symptomatik mit Kniegelenksschmerz, gegebenenfalls auch Bewegungseinschränkung oder auch Instabilität.

Grundsätzlich ist bei allen Kindern und Jugendlichen nach der Lokalisation des Schmerzes zu fragen (Patella? Tuberositas tibiae? Mediales Kollateralband?), denn je nach Schmerzlokalisierung soll die erste Sequenz (STIR, PD Fat Sat), die „Pathologiesuchsequenz“, in geeigneter Schichtlage gefahren werden.

Auch wenn wir aus bestimmten abrechnungstechnischen Gründen vier Sequenzen anfertigen müssen: in der Kinderradiologie gilt immer: so schnell wie möglich zur Diagnose kommen!

Technisches Vorgehen bei der MRT-Untersuchung des Kniegelenks:

Lagerung

Rückenlage, Kniespule

■ MRT-Sequenzen

STIR-Sequenz coronal,
alternativ PD FatSat coronal oder

auch sagittal

SE T1 sagittal,

alternativ PD Fat Sat sagittal

SE T1 coronal

PD Fat Sat transversal,

alternativ GRE T 2 transversal

FSE T2 schräg coronal

(zusätzliche Sequenz bei V. a. Kreuzbandruptur)

■ Bildbeispiele

Die traumatisch bedingten Veränderungen umfassen folgende wichtigste Befunde: Kreuzbandruptur, Kreuzbandauriss (vgl. Abb. 4a/b), Kollateralbandruptur (vgl. Abb. 5) Knochen-/Knorpelflake/horizontale Patellaluxation (vgl. 6a/6b), Distorsionstrauma (vgl. Abb. 7a/b). Dabei gibt es bei den traumatisch bedingten Läsionen zwei wesentliche Mechanismen mit einer jeweils immer gleichen Kombination von Folgeerscheinungen:

1. das Distorsionstrauma (= Kombination aus Bone bruise-

■ Abb. 3a/3b: Epiphyseolyse



Verletzungen des lateralen, weniger auch des medialen Femurcondylus jeweils zentral sowie im Tibiakopf dorso-lateral, weniger auch dorsomedial, Teilruptur des medialen Kollateralbandes, Ruptur oder Teilruptur des vorderen Kreuzbandes, Ergußbildung, Innenmeniskushinterhornläsion)



■ Abb. 4a/4b: Kreuzbandruptur, knöcherner Kreuzbandausriss

2. die horizontale Patellaluxation (= Kombination aus Bone bruise-Verletzungen am lateralen Femurcondylus und am medialen Patellarand sowie Ergußbildung)

Alle anderen Unfallmechanismen sind selten und führen zu abweichenden/nicht nach einem bestimmten Muster kombinierten Läsionen. Bei den meisten Patienten mit Z. n.

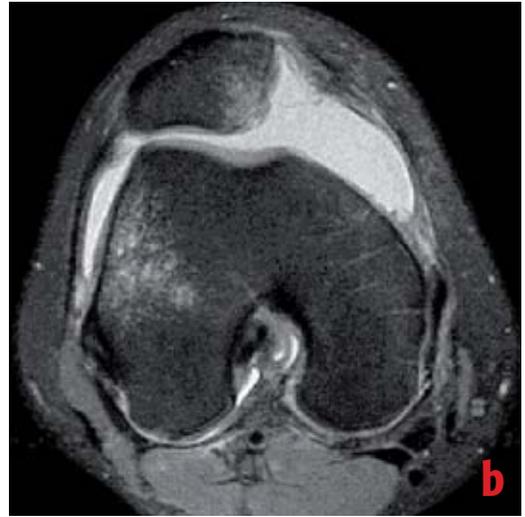
Kniegelenkstrauma halte ich es für sinnvoll, die erste Sequenz (STIR, PD FatSat) in coronaler Schichtlage anzufertigen. So werden z.B. die Bone-bruise-Verletzungen beim Distorsionstrauma und auch bei der horizontalen Patellaluxation (lateraler Femurcondylus und medialer Patellarand) ideal erfasst, ebenso die Kollateralbänder.

■ Abb. 5: Kollateralbandruptur



Man muss sich allerdings klar darüber sein, daß man dann erst mit der 2. Sequenz eine Aussage über die Kreuzbänder und die Menisken machen kann.

Im Allgemeinen wird dies Prozedere möglich sein, da es sich bei den Patienten mit Kniegelenkstrauma meist um größere Kinder oder Ju-



■ Abb. 6a/6b: Knochen-/Knorpelflake/horizontale Patellaluxation



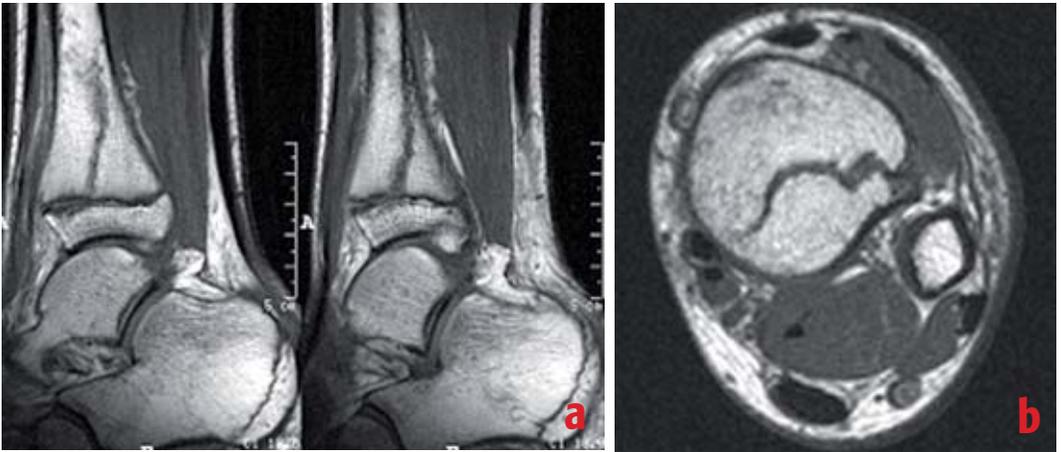
■ Abb. 7a/7b: Distorsionstrauma

gendliche handelt, die ausreichend lange kooperationsfähig sind. Bei der Kniegelenksdiagnostik ist insbesondere auf Knorpelverletzungen („flakes“) zu achten, da diese meist eine operative Konsequenz nach sich ziehen.

Typische MRT-Befunde des Sprunggelenks nach Sportverletzung

Die kernspintomographische Untersuchung des Sprunggelenks und Fußes bei Kindern und Jugendlichen ist ein bisher eher selten eingesetztes Untersuchungsverfahren. In

der Hand eines erfahrenen Untersuchers ist die MRT aber auch bei dieser anatomischen Region allen anderen bildgebenden Verfahren oft weit überlegen. Grundsätzlich sollte eine Konstellation mit deutlichen Schmerzen und/oder eingeschränkter Beweglichkeit immer zur



■ Abb. 8a/b: Sprunggelenkfraktur

MRT-Untersuchung führen (auch oder besser gerade dann, wenn das Röntgenbild unauffällig ist).

Bandläsionen lassen sich mit der MRT sicherer erfassen als mit dem indirekten Nachweis durch „gehaltene Aufnahmen“ im Röntgen.

Technisches Vorgehen bei der MRT-Untersuchung des Sprunggelenks

■ Lagerung

Je jünger das Kind, desto schwieriger die Lagerung. Es hat sich bei den kleineren Kindern sehr bewährt, beide Füße z.B. in einer Kniespule zu lagern und dabei die Füße mit einem keilförmigen Kissen abzustützen. Hilfreich ist dabei auch, die Füße mit einem Verband auf dem Keilkissen festzuwickeln. Bei kleinen Kindern sollten zusätzlich die Unterschenkel/Knie mit Hilfe von einem breiten Gurtes fixiert werden.

Oft ist (Normvarianten!) die parallele Darstellung der Gegenseite auch diagnostisch sehr hilfreich! Sehr nützlich kann es sein, die Schmerzlokalisation mittels einer fetthaltigen Kapsel (Lebertranskapsel) zu markieren.

■ MRT-Sequenzen

STIR coronal

SE T1 sagittal, SE T1 coronal

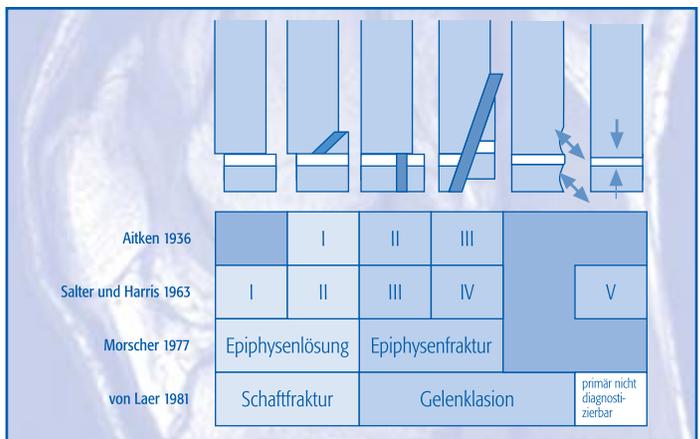
FSE PD&T2 FatSat transversal oder PD FatSat transversal

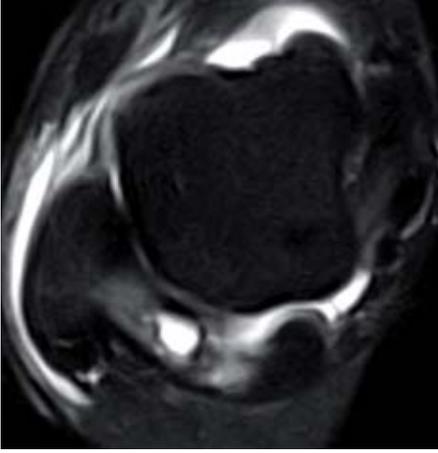
Die Schichtdicke sollte zwischen 3 und max. 4 mm liegen. Je nach Fragestellung müssen Messungen in anderen Schichtlagen (z.B. sagittale STIR-Sequenz) ergänzt werden. Für die Darstellung des Fußes hat sich je nach Fragestellung eine fettsupprimierende Sequenz in dorsoplantarer und/oder sagittaler Schichtlage bewährt.

■ Bildbeispiele

Grundsätzlich muß der Untersu-

■ Abb. 9: Frakturschema nach Aitken





■ Abb. 10: Außenbandruptur

cher in der Lage sein, Normvarianten und pathologische Befunde zu unterscheiden. Bei den traumatisch bedingten Läsionen gilt es, insbesondere die Syndesmosenruptur sicher zu erkennen, da bei den Betroffenen im Allgemeinen eine operative Konsequenz gezogen werden muß.

Traumafolgen

Traumafolgen bei kleinen Kindern sind im Allgemeinen Knochenkontusionen (Bone bruise-Verletzungen), bei denen es zu einem deutlichen Knochenmarködem kommt. Letzteres ist in fettsupprimierenden Sequenzen (STIR-Sequenz, PD Fat Sat-Sequenz) leicht zu erkennen.

Das betroffene Skelettelement weist dabei ein normales Volumen auf. Insofern ist die Läsion – im Zweifelsfall in Verlaufskontrollen – von den aseptischen Knochennekrosen zu unterscheiden.

Auch die beim Jugendlichen nach Überlastung hin und wieder vorkommende Marschfraktur ist

leicht zu erkennen, der Begriff ist weit gefasst, eine horizontale Fraktur kann in dem betroffenen Os metatarsale vorkommen, muss es aber nicht. Oft findet man nur ein erhebliches Knochenmarködem in Verbindung mit einem annähernd zirkulär ange-

ordnetem Weichteilödem. Frakturen sind kernspintomographisch leicht aufgrund des die Fraktur begleitenden Ödems aufzufinden. Die STIR-Sequenz weist dieses in Form von Signalanhebungen leicht nach. Die Fraktur selbst ist im MRT oft eindrucksvoller als im Röntgenbild in allen Raumrichtungen darstellbar (Abbildung 8). Auch der Bezug zu den Wachstumszonen (Epi-Metaphysengrenzen) ist gut zu erkennen. Zur Klassifikation der Frakturen hat sich das Schema nach Aitken bewährt (s. Graphik, Abbildung 9). Bei den Bandläsionen, die meist nach einem Umknicken des Fußes im oberen Sprunggelenk (Supinationstrauma) vorkommen, stehen zwei im Vordergrund:

a) die Ruptur des Außenbandes (Lig. fibulotalare anterius, Abbildung 10) und

b) die Syndesmosenruptur (Abbildung 11)

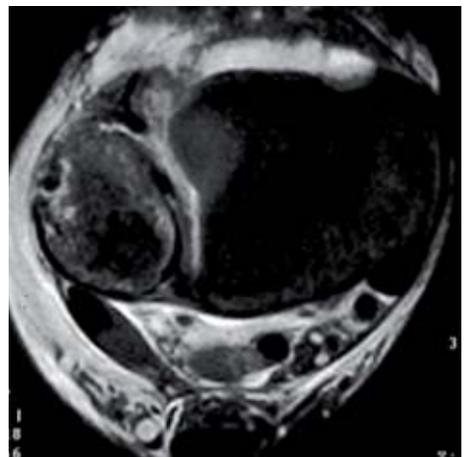
Die Syndesmosenruptur muß unbedingt erkannt werden, da sie im Allgemeinen zu einer operativen Konsequenz führen muß. Zur Syndesmose, der durch Bänder erreichten fibrösen Verbindung der beiden Unterschenkelknochen Tibia und Fibula führenden Struktur gehören:

1. Das Ligamentum tibiofibulare anterius, 2. das Ligamentum tibiofibulare posterius und 3. die Membrana interossea. Bei der häufigsten Syndesmosenruptur zerreißt der vordere Syndesmosenabschnitt (das Lig. tibiofibulare anterius), meist ist fibulaseitig noch ein Bandstumpf sichtbar.

Typische MRT-Befunde des Handgelenks nach Sportverletzung

Die häufigsten Verletzungsfolgen

■ Abb. 11: Syndesmosenruptur





■ Abb. 12a/b: Distale Radiusfraktur

am Handgelenk sind die distale Radiusfraktur und die Navicularefraktur. Viele dieser Frakturen sind im konventionellen Röntgenbild nicht zu erkennen. Daher sollte man auf zahlreiche Röntgenaufnahmen (z.B. das aus einem anderen Jahrtausend stammende „Navicularequartett“) verzichten und gleich das MRT als Methode der Wahl einsetzen.

Technisches Vorgehen bei der MRT-Untersuchung des Handgelenks

Die MRT-Untersuchung der Hand/ des Handgelenkes sollte an einem Hochfeldmagneten erfolgen.

Lagerung

Größere Kinder können, wie auch die Erwachsenen, in Bauchlage

gelagert werden und müssen dabei den Arm mit der darzustellenden Hand nach vorne/oben ausstrecken („Superman-Position“). Dies können Kinder ab 6 Jahre im Allgemeinen recht gut. Die Hand wird in einer speziellen Oberflächenspule mit ausgestreckten Fingern plan positioniert und mit entsprechenden Fixationshilfen gut fixiert. Manche Kinder können besser ruhig liegen, wenn beide Arme nach vorne/oben ausgestreckt werden.

Es lohnt sich daher, die beste Lagerung in Ruhe mit dem Kind auszuprobieren. Dazu gehört auch, den Kopf mit dem Lärmschutzhörer stabil zu lagern. Bei kleinen Kindern (< 6 Jahre) kann die Untersuchung der Hand in Rückenlage erfolgen,

der zu untersuchende Arm wird am Körper entlang gelegt. Je nach Körpermitte des Kindes kann man versuchen, das Kind exzentrisch auf dem Untersuchungstisch zu lagern, um die Hand mit der Spule möglichst nahe an das Zentrum des Magneten zu bringen.

■ MRT-Sequenzen

STIR, coronal, 3mm, 12 Schichten
SE T1, coronal, 3mm, 12 Schichten
GRE T2, sagittal, 3mm, 12 Schichten
GRE T2, transversal, 3mm, 24 Schichten,
gegebenenfalls ergänzt durch:
STIR, sagittal, 3 mm, 12 Schichten (z.B. bei Navicularefraktur)
SE T1, sagittal, 3 mm, 12 Schichten (z.B. bei Navicularefraktur)



■ Abb. 13a/b: Navicularefraktur

Bildbeispiele

Die wesentlichen Befunde bei der MRT-Untersuchung des Handskeletts bei Kindern sind Bone-bruise-Verletzungen und Frakturen, diese werden oft im konventionellen Röntgenbild nicht erkannt. Auch komplizierte Frakturen (z.B. Bennett-Fraktur), lassen sich im MRT aufgrund des Knochenmarködems nachweisen. Manchmal muß in sol-

chen Fällen – insbesondere wenn aufgrund knöcherner Absplittierungen eine OP geplant ist – zur Darstellung der knöchernen Detailmorphologie eine CT-Untersuchung ergänzt werden. Mit kleinen Oberflächenspulen lassen sich auch diskrete Bandverletzungen (z.B. Kollateralbänder) oder Sehnenverletzungen darstellen.

Zu den häufigsten Läsionen, die im konventionellen Röntgenbild nicht immer sichtbar sind, gehört die distale Radiusfraktur (Abbildung 12a/b). Man erkennt ein erhebliches Knochenmarködem als Signalanhebung in der STIR-Sequenz, der bandförmige Frakturverlauf ist oft in den T1-wichtigen Aufnahmen noch

eindrucksvoller. Die zweithäufigste Fraktur ist die Navicularefraktur (Abbildung 13a,b).

Diese ist auch mit dem sog. „Navicularequartett“ im konventionellen Röntgen oft nicht sichtbar! Es sollte daher gerade bei Kindern in Zukunft bei dieser Fragestellung dem MRT der Vorzug gegeben werden. Eine rezidivierende Schmerzsym-

ptomatik im Handgelenk, wie sie bevorzugt bei jungen Mädchen auftritt, ist oft in einer Fehlstellung der distalen Ulnaabschnitte begründet. Dabei weicht die Ulna nach streckseitig, somit nach dorsal, ab. In der Folge kippt der trianguläre Discus nach volarseitig ab, der resultierende Reizzustand des TFCC-Komplexes ruft die Schmerzsymptomatik hervor.

Discusrupturen sind bei Jugendlichen selten, können nach Trauma natürlich aber vorkommen, ebenso wie Bandrupturen (z.B. Scapholunäre Dissoziation bei Ruptur des scapholunaren Ligamentes).

Die vorliegende Zusammenstellung zeigt die Mächtigkeit des MRT-Untersuchungsverfahrens bei der Darstellung von Verletzungsfolgen an Wirbelsäule und Gelenken. Die Magnetresonanztomographie sollte daher bei Kindern und Jugendlichen zu dieser Diagnostik viel häufiger angewendet werden. Dies auch in dem Sinne: „mit einem diagnostischen Schritt zur Diagnose!“ So ist es strahlensparend, wirtschaftlich und für das Kind die aussagefähigste Untersuchung.

► Dr. med. Cornelia Schröder
Kinderradiologische Praxis
Prüner Gang 16-20
D - 24103 KIEL