

S1-Leitlinie Ganzkörpermagnetresonanztomografie im Kindes- und Jugendalter

AWMF Reg.-Nr. 064-018

Letzte inhaltliche Überarbeitung: 27.01.2025

Revision geplant: 27.01.2030

Federführende Fachgesellschaft: Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie e.V. (GPR)

Weitere beteiligte Fachgesellschaft: Deutsche Röntgengesellschaft e.V. (DRG)

Autoren: Jürgen Frank Schäfer^{1,2}, Barbara Greiner^{3,1}, Gabriele Hahn^{4,1}, Thekla von Kalle^{5,1}, Jörg Moritz^{6,1}, Marc Steinborn^{7,1}, Jürgen Weidemann^{8,1}, Rainer Wunsch^{9,1} und Hans-Joachim Mentzel^{10,1}

¹ Leitlinienkommission der Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie

² Bereich pädiatrische Radiologie, Abt. diagnostische und interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Tübingen, Hoppe-Seyler-Straße 3, 72076 Tübingen

³ Institut für Röntgendiagnostik, Universitätsklinikum Regensburg, Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg

⁴ Kinderradiologie, Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB), Spitalstrasse 33 | CH-4031 Basel,

⁵ Kinderradiologie, Radiologisches Institut, Olgahospital, Klinikum Stuttgart, Kriegsbergstraße 62, 70174 Stuttgart

⁶ Kinderradiologie, Klinik für Radiologie und Neuroradiologie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Haus C, Arnold-Heller Str. 3, 24105 Kiel

⁷ Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Kinderradiologie, München Kliniken, Klinikum Schwabing, Kölner Platz 1, 80804 München

⁸ Kinderradiologie, Kinder- und Jugendkrankenhaus Auf der Bult, Janusz-Korczak-Allee 12, 30173 Hannover

⁹ Klinik für Radiologie, Kinderradiologie und Nuklearmedizin, Marienhospital Witten, Marienplatz 2, 58455 Witten

¹⁰ Sektion Kinderradiologie, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena, Am Klinikum 1, 07747 Jena

Konsensusfindung: Die repräsentativ zusammengesetzte Expertengruppe der Fachgesellschaften hat im informellen Konsens die vorliegende Leitlinie erarbeitet, die final von den Vorständen der beteiligten Fachgesellschaften verabschiedet wurde.

1. Einleitung

Die Ganzkörpermagnetresonanztomografie (GK-MRT) ist eine bildgebende Methode, welche unter Nutzung fortgeschrittener Verfahren moderner MRT-Geräte eine räumlich bzw. morphologisch hochaufgelöste Darstellung des gesamten Körpers ermöglicht (1-5). Prinzipiell unterscheiden sich unter diesen Voraussetzungen weder Bildqualität noch Bildkontrast von Teilkörperuntersuchungen an Kopf und Körperstamm, wenn alters- und indikationsadaptierte Protokolle zusätzlich angewendet werden (1, 3-7). Spulenbedingte Einbußen in der Ortsauflösung z.B. im Bereich peripherer Gelenke sind ebenso zu beachten wie Einschränkungen durch das maximale Field of View (z.B. Ellenbogenregion). Eine GK-MR-Angiografie ist möglich (8). Eine GK-MRT ist sowohl bei einer Feldstärke von 1,5 als auch von 3 Tesla durchführbar (9). Die Untersuchungsdauer ist abhängig von der Anzahl der gewählten Bildkontraste sowie weiterer geräte- und messprotokollabhängiger Parameter und kann daher stark variieren. Mittels neuer KI-basierter Beschleunigungstechniken (z.B. deep learning) lassen sich relevante Verkürzungen der Untersuchungszeit erzielen (10). Insbesondere bei Kindern und Jugendlichen ist eine Anpassung des Protokolls an die Fragestellung zur Begrenzung der Untersuchungszeit erforderlich.

Die MRT ist bei soliden Tumoren im Kindes- und Jugendalter Methode der Wahl zur Beurteilung des Lokalbefundes. Sie wird aber zunehmend auch als GK-MRT zur systemischen Ausbreitungsdiagnostik durchgeführt (3, 6, 7, 11-34). Insbesondere die osteomedullären Metastasen stehen hierbei im Fokus (23, 24, 27, 33, 35-38). Bei hereditären Syndromen mit erhöhter Tumorfrequenz wird die GK-MRT im Rahmen des Screenings zukünftig eine noch größere Rolle spielen (39-47). Neben den malignen soliden Tumoren bedürfen eine Reihe nicht maligner Erkrankungen z.B. aus dem rheumatischen Formenkreis einer systemischen Ausbreitungsdiagnostik mittels bildgebender Verfahren. Ziel ist es, mittels GK-MRT eine Differenzierung zwischen lokal begrenzter und fortgeschrittener und systemischer Erkrankung sowie unter Umständen eine Detektion bisher klinisch stummer Regionen zu erreichen (48-57). Auch die Suche nach einem entzündlichen Fokus ist eine Indikation für die GK-MRT (58).

Die GK-MRT konkurriert mit anderen Verfahren der radiologischen Diagnostik, insbesondere mit der Computertomografie (CT), der Positronenemissionstomografie in Kombination mit der CT (PET/CT) oder MRT (PET/MRT) und der Szintigrafie, die alle mit einer relevanten Strahlenexposition einhergehen können. Generell gilt daher, dass die GK-MRT immer dann zur Anwendung kommen kann, wenn sich bei zumindest gleicher radiologischer Aussagekraft eines der genannten Verfahren einsparen lässt oder wenn die GK-MRT komplementäre Informationen liefert (7, 13, 15-18, 20, 21, 24, 28, 33, 36-38, 44, 48, 49, 51, 52, 54-57, 59-69).

In den letzten beiden Jahrzehnten wurde die diagnostische Genauigkeit der GK-MRT verschiedener pädiatrischer Erkrankungen in erster Linie im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren untersucht und die Überlegenheit gegenüber konventionellen bildgebenden Methoden außerhalb der Lungenbildgebung gezeigt (16, 28, 33, 36, 37, 53, 55, 56, 65). Für eine Reihe von Indikationen gibt es zunehmende Evidenz (70-76).

Aufgrund der hohen Sensitivität der Methode besteht die Gefahr einer Überdiagnostik insbesondere im Umgang mit Zufallsbefunden oder vermeintlichen Pathologien, wenn die Befunderstellung ohne ausreichende Erfahrung in der pädiatrischen Radiologie erfolgt. Insbesondere Signalanhebungen in der STIR Bildgebung im Bereich des Skeletts sind hiervon betroffen. So konnten in prospektiven Studien an gesunden Kindern und Jugendlichen in bis zu 50% der Fälle relevante fokale Signalerhöhungen des Knochenmarks gefunden werden (77, 78). Da die GK-MRT in allen Altersstufen sinnvoll eingesetzt

werden kann, sind umfangreiche Kenntnisse zur normalen Reifung der Organsysteme eine wesentliche Voraussetzung für eine optimale Befundqualität und Bewertung der erhobenen Befunde (79).

Ziel dieser Leitlinie ist es, Indikationen zu benennen, bei denen die GK-MRT im Kindes- und Jugendalter empfohlen werden kann, und dafür notwendige, technische Voraussetzungen zu beschreiben.

2. Schlüsselempfehlungen

	Votum	Verhältnis
Mit der Ganzkörper-Magnetresonanztomografie (GK-MRT) kann die Ausbreitung von systemischen malignen und nicht malignen Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter untersucht werden.	Ja	9/9
Für eine klinisch verwertbare diagnostische Aussage der Methode sollten alters- und indikationsadaptierte Protokolle gewählt werden und die Befunderstellung durch in der pädiatrischen Radiologie erfahrene Untersucher erfolgen.	Ja	9/9
Zusätzliche Untersuchungen mittels anderer bildgebender Verfahren können indiziert sein.	Ja	9/9
Für folgende Indikationen sollte die GK-MRT zur primären Ausbreitungsdiagnostik eingesetzt werden: Chronisch nicht bakterielle Osteomyelitis (CNO/NBO/CRMO), Langerhans Cell Histiocytose (LCH), Tumorprädispositionssyndrome (TPS), Neuroblastom (NB).	Ja	9/9

3. Erläuterungen

3.1. Indikationen

Tabelle 1. Indikationen für eine GK-MRT

<u>Diagnose</u>	<u>Fragestellung</u>
Maligne Tumore	Staging, Tumorausbreitung, Restaging und Follow-up
Langerhans Cell Histiocytose (LCH)	Ausbreitungsdiagnostik, Unifokal vs. Multifokal, Therapiemonitoring
Avaskuläre Osteonekrose (AVN)	Ausmaß und Schweregrad, Detektion von asymptomatischen Befunden
Chronisch nicht bakterielle Osteomyelitis (CNO/NBO/CRMO)	Unifokal vs. multifokal, „silent lesion“, Therapiemonitoring
Juvenile idiopathische Arthritis (JIA)	Unifokal vs. multifokal, „silent lesion“, Therapiemonitoring

Fiebersyndrome	Fokus, Ausmaß der Veränderungen, Tumorausschluss
Tumorprädispositionssyndrome (TPS)	Tumor-Screening
Nicht akzidentielle Verletzung, non accidental injury (NAI)	Kein Standard; ergänzend zur Beurteilung des Ausmaßes der Verletzungen, insbesondere Weichteile und Organbeteiligung, Erhöhung der Genauigkeit bei Skelettbefunden (siehe AWMF Leitlinie S3 + Kinderschutz 027-069)

3.1.1 Maligne Tumore

Aufgrund der bisherigen Datenlage ergeben sich für eine Reihe von malignen Tumoren Indikationen für eine GK-MRT, die die weitere Bildgebung komplett ersetzen, einsparen oder ergänzen können. Die GK-MRT als Instrument zur Ausbreitungsdiagnostik ist bislang in Therapiestudien der onkologischen nationalen und internationalen Fachgesellschaften (GPOH, SIOP) in der Regel nicht vorgesehen. In den AWMF Empfehlungen zum Neuroblastom ist die GK-MRT optional vorgesehen (025/008). Es ist jedoch anzunehmen, dass die GK-MRT mit der Weiterentwicklung der Protokolle zukünftig noch mehr Berücksichtigung finden wird. Die Indikationen können dennoch auch jetzt schon an die vorhandenen Studienprotokolle adaptiert und die GK-MRT komplementär durchgeführt werden.

Für das **Hodgkin Lymphom (HL)** ist die 18F-FDG-PET/CT sowohl im nodalen und extranodalen Staging als auch in der Therapiekontrolle vorgesehen. Die GK-MRT kann in dieser Phase ergänzend durchgeführt werden, insbesondere wenn im Rahmen der PET/CT keine diagnostische CT erfolgte (28). In einer aktuellen Metaanalyse, die das Staging im Vergleich zur PET/CT untersuchte, zeigt sich bei allerdings heterogenen GK-MRT Protokollen und z.T. gemischten Entitäten (HL und NHL) eine vergleichbare Sensitivität von ca.96% bei schwacher Spezifität von nur 22% (80). Die Bedeutung der Diffusionsbildgebung (DWI) im Rahmen der Responsebeurteilung ist noch Gegenstand der Forschung. Eine Multizenterstudie aus dem Jahre 2021 bei 68 pädiatrischen Patienten ergab eine hohe Konkordanz zwischen PET/CT und GK-MRT unter Einschluss der DWI für das initiale Staging (81). Darüber hinaus ist die Verringerung der Diffusionsrestriktion als Hinweis auf ein Therapieansprechen zu werten (29, 34). Auch eine aktuelle Studie kommt zu ähnlichen Ergebnissen mit hoher Konkordanz (92%) zwischen metabolischem und funktionellem Ansprechen auf die Induktionstherapie (73). Allgemeingültige Kriterien zur Beurteilung einer kompletten Remission oder auch Schwellenwerte für den Apparent Diffusion Coefficient (ADC) gibt es noch nicht. Das Ausmaß der Diffusionsrestriktion scheint in der Interimskontrolle prognostische Bedeutung zu haben (29) und kennzeichnet die residuelle Tumorlast mit sehr hoher Sensitivität (34). Für die weitere Verlaufskontrolle nach abgeschlossener Therapie mit der Frage nach Rezidiv und zur Überwachung von therapieassoziierten Komplikationen (z.B. Osteonekrosen) kann die GK-MRT umfassend Aufschluss geben und daher empfohlen werden (59).

Wenn kein PET/CT durchgeführt wird, stellt das **Non-Hodgkin Lymphom (NHL)** grundsätzlich eine Indikation für die GK-MRT dar, insbesondere wenn höhere Stadien (Ann–Arbor Klassifikation >2) oder eine primär extranodale Manifestation (z.B. Knochen) oder eine ZNS – Beteiligung verdächtig werden (12-14, 19, 32, 34, 82). Die Diffusionsrestriktion scheint beim aggressiven NHL stärker ausgeprägt zu sein als beim HL (83). Die Konkordanz zwischen metabolischem (SUV) und funktionellen Ansprechen (ADC) auf die Therapie scheint nicht so hoch zu sein wie beim HL(73). Für das großzellige B-Zell Lymphom konnte gezeigt werden, dass das Risiko für einen Tumorprogress oder für ein Rezidiv signifikant höher ist, wenn das MRT einen Knochenmarkbefall aufdeckt und dabei die ungezielte

Biopsie negativ bleibt (15). Für die posttherapeutische Phase gelten im Übrigen die gleichen Empfehlungen wie für das HL.

Bei **Weichteilsarkomen** (z.B. Rhabdomyosarkome) sowie **Osteo- und Ewing-Sarkomen** existiert in vielen Fällen bereits eine lokale Schnittbildgebung des Tumors. Ist das nicht der Fall, kann die GK-MRT um die lokale MR-Bildgebung mit ergänzenden Sequenzen und Untersuchungsebenen entsprechend der GPOH-Studien-Vorgaben vervollständigt werden (7, 25). Großer Vorteil der Methode ist, dass bei metastasierten Tumoren in einer einzigen Untersuchung das Ansprechen auf die neoadjuvante Behandlung und der Primärtumor vor lokaler Behandlung erfasst werden können. Die Darstellung der Primärtumorregion mit adäquater räumlicher Auflösung kann die Verwendung zusätzlicher dedizierter Oberflächenspulen erfordern. Dabei sollen die Imaging Guidelines der nationalen und internationalen Therapiestudien und Expertengruppen berücksichtigt werden. Für das metastasierte Ewing-Sarkom konnte in einer retrospektiven Auswertung gezeigt werden, dass die konsequente Bestrahlung aller primär mit der GK-MRT erfassten osteomedullären Metastasen ein signifikant höheres Überleben gegenüber einem vergleichbaren Kollektiv sichert (23). Während der Knochen- bzw. Knochenmarkbefall auch im Vergleich zur Knochenszintigrafie in den meisten Studien mit höherer Treffsicherheit (24, 27, 37, 38, 84, 85) und Weichteilbefunde sowie Hirnmetastasen mit hoher Genauigkeit beurteilt werden können (21, 36), bleibt die Detektion von Lungenmetastasen mittels MRT umstritten (36). Daher muss die Indikation zur CT des Thorax in Abhängigkeit von der Tumorentität und Behandlungssituation großzügig gestellt werden.

Von den embryonalen Tumoren gibt es für das **Neuroblastom** eine Evidenz zur Diagnostik mittels GK-MRT (11, 16, 21, 22, 33, 86, 87). Je nach Risikogruppe (niedrig, intermediär, hoch) und Stadium (INSS, International Neuroblastoma Staging System) ist die GK-MRT hilfreich und in jeder Phase der Erkrankung indiziert. Niedrige Stadien (lokal begrenztes Tumorwachstum) und fehlende chromosomale Aberrationen (Amplifikation des MYCN Onkogens oder Deletionen des kurzen Armes von Chromosom 1) stellen in der Regel keine Indikation dar. Die GK-MRT ist additiv und/oder komplementär zur ^{123}I MIBG (Metaiodobenzylguanidin) Szintigrafie zu sehen (zum Beispiel zur Bestrahlungsplanung) und ersetzt dabei die zusätzlich notwendige Skelettszintigrafie (22, 33, 70, 87). Darüber hinaus wurde für GK-MRT mit Anwendung der DWI - bei generell guter Übereinstimmung mit der ^{123}I MIBG - ein etwas höherer SIOPEN-Score erreicht (87), welcher für die Prognose bei ossären Metastasen von hoher Relevanz ist (88). Prätherapeutisch kann die lokale Tumorausdehnung hinsichtlich der IDRFs (image-defined risk factors) des INGRSS (International Neuroblastoma Risk Group Staging System) bei angepasstem Untersuchungsprotokoll beurteilt werden. Insbesondere eignet sich die GK-MRT für Multikompartiment-Ausdehnung und die Detektion von Metastasen (6, 21). Die aktuellen Studien zeigen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Abnahme der Diffusionsrestriktion und dem Therapieansprechen gibt (87, 89, 90). Bei okkulten Tumoren im Rahmen eines Opsoklonus-Myoklonus-Syndroms (OMS) kann die ^{123}I MIBG (Metaiodobenzylguanidin) Szintigrafie in bis zu 57% der Fälle negativ sein, wenn ein Ganglioneurom vorliegt (91). Daher ist die GK-MRT als Suchmethode zu favorisieren, nicht zuletzt auch wegen der fehlenden Strahlenexposition (11, 92).

3.1.2 Langerhans-Zell-Histiozytose (LCH)

Der multifokale und/oder multisystemische Herdnachweis hat für Therapie und Verlaufskontrollen erhebliche Konsequenzen. Die GK-MRT ist sensitiver für eine Knochenmarkinfiltration als die

röntgenbasierten Verfahren oder die Skelettszintigrafie und die 18-F-FDG-PET (53, 56, 57). Aufgrund des primären Befalls des Knochenmarks sowie einer in der Regel raschen Osteodestruktion lässt sich die reduzierte Sensitivität der Szintigrafie erklären. Generell kann die GK-MRT aufgrund der simultanen Erfassung der extraskelettalen Manifestationen einschließlich des ZNS-Befalls beim primären Staging vorteilhaft sein (53, 57). Die mögliche geringere Spezifität der MRT sollte in Abhängigkeit methodischer Aspekte bei der Beurteilung der Ausbreitung und des Therapieansprechens bedacht werden (53), auch um eine unnötige bzw. zu extensive Behandlung zu vermeiden. Die größte aktuelle Studie konnte bei 46 Patienten im Vergleich zur Standardbildgebung mit Röntgen und Szintigraphie bei besserer Sensitivität keine erhöhte Rate von falsch positiven Befunden finden (93). Die höhere Sensitivität der GK-MRT (98%) im Vergleich zur konventionellen Bildgebung (79%) für Skelettherde wurde in einer aktuellen Multicenter erneut gezeigt (76).

3.1.3 Avaskuläre Osteonekrose (AVN)

Unter Steroidtherapie oder in Kombination mit einer Hochdosismotherapie finden sich mehr avaskuläre Nekrosen als klinisch vermutet (59, 94, 95). Die konventionelle Bildgebung ist in frühen Stadien negativ (59, 94, 95). Der Schweregrad und die Lokalisation (z.B. subchondral) sind wichtige Kriterien für die Entscheidung zu einer notwendigen operativen Therapie (59, 94, 95). Bei entsprechender Risikokonstellation ergibt sich daher eine Indikation zur GK-MRT um rechtzeitig, auch bei asymptomatischen Patienten besonders die epiphysären/subchondralen Läsionen zu detektieren (59).

3.1.4 Chronische nicht bakterielle Osteomyelitis (CNO)

Die GK-MRT kann mit hoher Sensitivität neben den symptomatischen auch die klinisch stummen Manifestationen z.B. an der Wirbelsäule in einer Untersuchung feststellen und beschleunigt so die Diagnose der Multifokalität aufgrund typischer Befunde (54, 63). Hierbei werden bis zu 45% mehr Herde detektiert als bei der klinischen Untersuchung (48, 50). Im Vergleich zur konventionellen radiologischen Diagnostik ergibt sich eine erheblich verbesserte Detektionsrate (55). Im Vergleich zur Skelettszintigrafie ist die GK-MRT bezogen auf symptomatische Regionen sogar signifikant sensitiver (65). Der Einsatz von GK-MRT innerhalb von 6 Monaten nach Krankheitsverdacht hilft bei der zeitnahen Diagnose von CRMO. T2 SI-Verhältnisse und die Verringerung des Läsionsvolumens korrelieren mit dem klinischen Ergebnis (96). Die Übereinstimmung der Befundung durch verschiedene Untersucher ist gut bis exzellent (97, 98). Differentialdiagnostische Erwägungen in der Abgrenzung zu malignen Prozessen können mittels der DWI vorgenommen werden (60). Algorithmen für maschinelles Lernen zeigen, dass mittels Texturanalyse eine Unterscheidung von CNO und wachstumsbedingten Veränderungen des Knochenmarks in der Ganzkörper-MRT möglich ist (99). Darüber hinaus sind insbesondere Therapieansprechen sowie die gegebenenfalls notwendige Intensivierung der medikamentösen Therapie relevante Indikationen für die GK-MRT (50, 51, 97, 100).

3.1.5 Rheumatische Erkrankungen und Fiebersyndrome

Die MRT ist für verschiedene rheumatische Erkrankungen eine der Grundlagen zur objektiven Beurteilung von Inflamationsaktivität und Gelenkdestruktion in klinischen Studien. So wurden hierfür

sowohl für die rheumatoide Arthritis als auch für die Psoriasisarthritis Scoringssysteme entwickelt (101). Für den Einsatz der GK-MRT bei Kindern mit rheumatischer Arthritis gibt es erste Konsensusreports der Outcome Measures in Rheumatology (OMERACT) MRI Working Group, in welchem anhand eines systematischen Literaturreview auch für die GK-MRT ein Scoringssystem sowohl für Erwachsene als auch für Kinder mit JIA vorgeschlagen wurde (101, 102). Für die juvenile Spondylarthritis wurden charakteristische Befunde für die GK-MRT beschrieben (61) und es wurde gezeigt, dass eine Objektivierung der Enthesitis im Vergleich zum klinischen Befund möglich ist sowie zusätzliche Informationen an Wirbelsäule und Beckenskelett gefunden werden können (103). Dies kann auch für andere Formen der rheumatoiden Arthritis im Einklang mit den Daten für Erwachsene angenommen werden (101). Die Synovitis im GK-MRT war der stärkste unabhängige Prädiktor für einen Krankheitsrückfall bei Kindern mit JIA, die zum Untersuchungszeitpunkt in klinischer Remission waren (104). Die Detektion extraskelettaler Befunde in Gehirn, Weichteilen, Muskulatur sind bei einer Reihe von weiteren autoinflammatorischen Erkrankungen von großer Bedeutung. Für die juvenile Dermatomyositis und Polymyositis wurde eine exzellente Korrelation zu klinischen Parametern gefunden und im Verlauf zusätzliche Informationen zum Behandlungserfolg generiert (62). Des Weiteren ließ sich mit Hilfe der GK-MRT eine gezielte Muskelbiopsie durchführen (52). Indikationen für eine GK-MRT ergeben sich darüber hinaus, wenn klinische und laborchemische Befunde differieren oder wenn Multifokalität mittels anderer Methoden nur eingeschränkt fassbar ist.

Auch Fiebersyndrome und unklare Entzündungskonstellationen, die für eine systemische Erkrankung, einen unerkannten Fokus oder ein bisher unbekanntes malignes Geschehen sprechen, sind Indikationen für eine Ganzkörperbildgebung. So lieferte die GK-MRT in einer Studie bei 24 Patienten in 70% der Fälle die korrekte Diagnose, und in 46% war es die einzige Methode, die den inflammatorischen Prozess fand (105). Die GK-MRT ohne Strahlenexposition ist hier alternativ zur PET/CT zu sehen (58), wobei vergleichende Studien bislang nicht existieren.

3.1.6 Tumorprädispositionssyndrome (TPS)

Die GK-MRT ist bei asymptomatischen Patienten mit hereditären Tumorprädispositionssyndromen geeignet, um die Entwicklung eines soliden Tumors zu erfassen, wie bereits für das Li-Fraumeni Syndrom (39, 41, 106) gezeigt. Nach Empfehlung der Li-Fraumeni Association Deutschland wird bei Kindern und Jugendlichen ergänzend zur jährlichen MRT-Untersuchung des Kopfes die Ganzkörper-MRT empfohlen (107, 108). Hierbei liegt die initiale Detektionsrate für ein Malignom bei 3-4% und im Verlauf dann bei 6-10% ohne signifikante Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen (109). Insbesondere TPS mit erhöhter Strahlensensibilität profitieren von der GK-MRT als Verfahren, das frei ist von ionisierender Strahlung (110). Bei der Neurofibromatose Typ 1 korreliert die in der GK-MRT detektierte Tumorlast von plexiformen Neurofibromen mit der Entwicklung eines malignen peripheren Nervenscheidentumors (MPNST(43, 47). Dennoch bleibt die Differenzierung zwischen symptomatischen plexiformen Neurofibromen und MPNST problematisch (45). Darüber hinaus müssen Intervalle und Anwendung weiterer bildgebender Verfahren (z.B. 18F-FDG-PET) in ihrer Wertigkeit abgeschätzt werden (45). Die GK-MRT wird auch für andere Syndrome indiziert (40, 111-113). Die American Association for Cancer Research (AACR) hat in einem Consensus-Workshop zur Etablierung von Screening-Programmen die GK-MRT für weitere TPS (z.B. Hereditary paraganglioma and pheochromocytoma syndrome, Neurofibromatosis type I and II, Constitutional mismatch repair deficiency) empfohlen (114). Auch für das Rhabdoid tumor predisposition syndrome (RTPS), das DICER1 Syndrom, die Hippel-Lindau Disease und das hereditäre Retinoblastom wird die GK-MRT zunehmend eingesetzt (115).

3.1.7 Nicht akzidentielle Verletzung

Während die Schädel-MRT die sensitivste Methode zur Beurteilung von Blutungen, Ischämien und axonalen Schädigungen im Rahmen eines nichtakzidentellen Traumas ist, kann die GK-MRT bisher nicht als alleinige Standardbildgebung bei NAI empfohlen werden. Dem großen Vorteil der umfassenden Diagnostik in einer einzigen Untersuchung (116) steht die nicht ausreichende Sensitivität der alleine mittels coronaler STIR durchgeführten GK-MRT für die typischen Skelettbefunde insbesondere beim Säugling gegenüber (117). (AWMF Leitlinie 064-014 Verdacht auf Misshandlung bei Kindern – Bildgebende Diagnostik). In einer aktuellen Multicenterstudie an 170 Patienten wurde für Skelettbefunde gezeigt, dass durch die ergänzenden GK-MRT in Verbindung mit dem Röntgenscreenings die Sensitivität von 88% (Röntgen alleine) auf 96% ansteigt. Die GK-MRT alleine war auch in dieser Studie mit 55% unterlegen (118). Falls technisch und organisatorisch möglich, kann die GK-MRT neben den nach Leitlinie erforderlichen Standarduntersuchungen mit durchgeführt werden.

3.2 Technische Voraussetzungen

Die automatische Tischverschiebung, der Anschluss von multiplen Array-Spulenelementen, die den Körper komplett abdecken und die simultane Signalakquisition durch unabhängige Empfangskanäle sind Grundvoraussetzungen zur Durchführung einer erfolgreichen hochaufgelösten GK-MRT (1-4, 6). Ein großes field of view (FOV) in Z-Richtung (z.B. 500 mm) einschließlich homogener Fettsättigung ist für die Erfassung des gewünschten Volumens von Relevanz und beschleunigt durch eine geringere Anzahl von Messblöcken die Untersuchung. Daneben sind parallele Bildgebung in allen 3 Raumrichtungen, automatische Tischverschiebung und Spulwahl für die rasche Durchführung erforderlich. Üblicherweise werden die sich etwas überlappenden coronalen Aufnahmen der einzelnen Körperregionen automatisch zu Ganzkörperschichtdarstellungen zusammengesetzt.

3.3 Vorgeschlagene Protokolle

Da die Aussagekraft der MRT von den gewählten Sequenzen und Sequenzparametern abhängig ist, aber gleichzeitig die Untersuchungsdauer den Patientenkomfort einschränkt, ist der modulare Aufbau eines Sequenzpools, bestehend aus einem Basismodul und erweiternden Sequenzen, essentiell (Tabelle 2, Beispiel eines GK-MRT – Protokolls aus der pädiatrischen Radiologie der Universitätsklinik Tübingen) (1-4, 6, 119). Das modulare Konzept erlaubt hierbei eine Adaptation des Protokolls an die jeweilige Indikation. Gleichzeitig werden Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit verbessert.

Eine Ganzkörperdarstellung mittels hochaufgelöster fettgesättigter T2-gewichteter Sequenzen (z.B. STIR) mit Schichtdicken von 3-4 mm in coronaler Orientierung sollte in jedem Fall akquiriert werden. Um mögliche Einschränkungen der diagnostischen Genauigkeit durch Partialvolumeneffekte zu vermeiden, sollten weitere Akquisitionen in transversaler Orientierung zum Beispiel mittels T2-gewichteter und fettgesättigter bzw. STIR Sequenzen im Bereich von Kopf und Hals sowie Körperstamm erfolgen (1-4, 6, 119). Hierbei sind Sequenzen mit radialer k-Raum Akquisition und/oder Atemnavigation zur Reduktion von Bewegungsartefakten im Bereich des Körperstamms empfehlenswert. Sagittal orientierte Sequenzen bzw. Reformationen sind bei Fragen zum Achsenskelett notwendig. Erweiterungen des Protokolls durch diffusionsgewichtete und / oder T1-gewichtete Sequenzen vor und nach Kontrastmittelgabe sind in Abwägung des Nutzens zu planen. Hier sind Dixon-

Sequenzen vorteilhaft. Bei soliden Tumoren sind Verbesserungen der diagnostischen Sicherheit durch diese Ergänzung zu erwarten.

Adäquate Spulenauswahl und die unter 3.1 genannten Hinweise vorausgesetzt, können lokale Regionen (Gehirn, Gesichtsschädel und Hals, Oberbauch und Beckenorgane, Wirbelsäule) ohne Einschränkung ergänzend zur Ganzkörperuntersuchung untersucht werden (1-4, 6). Dies ist besonders bei den Kindern und Jugendlichen zu beachten, die nur in Narkose oder Sedierung untersucht werden können, wenn hierdurch weitere Untersuchungstermine eingespart werden. Die Verlängerung der Untersuchungszeit sollte dann in Relation zur Einsparung weiterer bildgebender Verfahren abgewogen werden (7).

Die Mehrzahl der Protokollempfehlungen für die GK-MRT bei Kindern und Jugendlichen weisen ein festes Field of View (FoV) und eine feste Auflösungsmatrix sowie Schichtdicke und damit Voxelgröße aus (1-4, 6, 41, 119). Allerdings sollten, wie üblich in der pädiatrischen MRT-Bildgebung, diese Sequenzparameter den verschiedenen Körpergrößen von Säugling über Kleinkind und Kind zu Jugendlichen angepasst werden, da die örtliche Auflösung für die diagnostische Sicherheit von großer Bedeutung ist (120). Dies gilt umso mehr, wenn lediglich eine Schichtebene akquiriert wird. Daher kann folgende Vorgehensweise hilfreich sein: ausgehend von einer üblichen Auflösungsmatrix ($256^2 - 384^2$) reduziert sich die Voxelgröße durch Anpassung von FoV und in moderatem Maße der Schichtdicke an eine geringere Körpergröße, wodurch die anatomische Auflösung / Bildinformation aber relativ gleichbleibend gehalten werden kann. Allerdings muss der damit einhergehende Signalverlust kompensiert werden (z.B. Erhöhung von Phasen-Oversampling oder Signal-Mittelungen), wodurch aber die Akquisitionszeit verlängert wird. Deshalb sollte ein optimaler Kompromiss aus tolerablem SNR-Verlust und Messzeit gefunden werden. Hierbei ist es vorteilhaft, dass sich, bedingt durch die Körpergeometrie von kleinen Kindern, die Anzahl der Schichtblöcke / Stationen in Z-Richtung und damit die gesamte Akquisitionsdauer reduzieren lässt. Vorgegebene und auf Körperumfang und Körperlänge optimierte Protokolle erleichtern die Anpassung in der täglichen Routine.

Beispiel eines GK-MRT – Protokolls aus der pädiatrischen Radiologie der Universitätsklinik Tübingen (nach 6)					
Module	Region	Sequenztyp	Orientierung und Phasenkodierichtung	Basismatrix (ohne Interpolation in Ausleserichtung)	Anmerkungen
Basismodul	Ganzkörper	2D STIR TSE/FSE	Coronal FH	384	Bei MSK-Fragestellungen Hände auf das Abdomen lagern
	Kopf und Hals	2D STIR TSE/FSE	Transversal AP	384	Caudal bis Aortenbogen
	Thorax	2D T2w TSE/FSE mit Fettsättigung mit Atemtrigger	Transversal AP	384	Wenn möglich, radiales K-Raum Sampling
	Abdomen und Becken	2D T2 TSE/FSE mit Fettsättigung mit Atemtrigger	Transversal AP	384	Wenn möglich, radiales K-Raum Sampling
DWI	Ganzkörper	2D EPI (SPAIR/STIR)) 2 b-Werte 50 und 900s/mm ²	Transversal AP	128	Coronale MPR ADC Karte Kalkulation eines hohen b-Wertes >1200 s/mm ²
Kontrastmittel angehobene Sequenzen	Ganzkörper	3D T1w GRE (VIBE) mit Fettsättigung oder Dixon	Transversal AP	288-320	Wenn möglich, Aufnahmen in Atemstopp Coronale MPR
Anstelle von 2D Sequenzen können auch 3D Sequenzen genutzt werden, um bei hoher und isotroper Auflösung in Schichtrichtung mittels MPR weitere Schichtrichtungen (z.B. sagittal) einzusparen.					
Optional weitere Sequenzen und lokale Bildgebung (Gehirn, Gesichtsschädel, Oberbauch-Organ, Wirbelsäule, Extremitäten) in Abhängigkeit der Fragestellung					

4. Literatur

1. Darge K, Jaramillo D, Siegel MJ. Whole-body MRI in children: current status and future applications. *European journal of radiology* 2008;68(2):289-298. doi: 10.1016/j.ejrad.2008.05.018
2. Greer MC. Whole-body magnetic resonance imaging: techniques and non-oncologic indications. *Pediatric radiology* 2018;48(9):1348-1363. doi: 10.1007/s00247-018-4141-9
3. Ley S, Ley-Zaporozhan J, Schenk JP. Whole-body MRI in the pediatric patient. *European journal of radiology* 2009;70(3):442-451. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.02.012
4. Schaefer JF, Schlemmer HP. Total-body MR-imaging in oncology. *European radiology* 2006;16(9):2000-2015. doi: 10.1007/s00330-006-0199-0
5. Nievelstein RA, Littooi AS. Whole-body MRI in paediatric oncology. *La Radiologia medica* 2016;121(5):442-453. doi: 10.1007/s11547-015-0600-7
6. Schaefer JF, Kramer U. [Whole-body MRI in children and juveniles]. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2011;183(1):24-36. doi: 10.1055/s-0029-1245883
7. Goo HW. Regional and whole-body imaging in pediatric oncology. *Pediatric radiology* 2011;41 Suppl 1:S186-194. doi: 10.1007/s00247-011-2050-2
8. Hong TS, Greer ML, Grosse-Wortmann L, Yoo SJ, Babyn PS. Whole-body MR angiography: initial experience in imaging pediatric vasculopathy. *Pediatric radiology* 2011;41(6):769-778. doi: 10.1007/s00247-010-1958-2
9. Mohan S, Moineddin R, Chavhan GB. Pediatric whole-body magnetic resonance imaging: Intra-individual comparison of technical quality, artifacts, and fixed structure visibility at 1.5 and 3 T. *The Indian journal of radiology & imaging* 2015;25(4):353-358. doi: 10.4103/0971-3026.169448
10. Ponsiglione A, McGuire W, Petralia G, Fennessy M, Benkert T, Ponsiglione AM, Padhani AR. Image quality of whole-body diffusion MR images comparing deep-learning accelerated and conventional sequences. *European radiology* 2024. doi: 10.1007/s00330-024-10883-5
11. Miras Azcon F, Culianez Casas M, Pastor Pons E. [Whole-body magnetic resonance imaging in a patient with an occult abdominal neuroblastoma and opsoclonus-myoclonus syndrome]. *Radiologia* 2014;56(6):e54-57. doi: 10.1016/j.rx.2012.04.002
12. Littooi AS, Kwee TC, Barber I, Granata C, Vermoolen MA, Enriquez G, Zsiros J, Soh SY, de Keizer B, Beek FJ, Hobbelink MG, Bierings MB, Stoker J, Nievelstein RA. Whole-body MRI for initial staging of paediatric lymphoma: prospective comparison to an FDG-PET/CT-based reference standard. *European radiology* 2014;24(5):1153-1165. doi: 10.1007/s00330-014-3114-0
13. Klenk C, Gawande R, Uslu L, Khurana A, Qiu D, Quon A, Donig J, Rosenberg J, Luna-Fineman S, Moseley M, Daldrup-Link HE. Ionising radiation-free whole-body MRI versus (18)F-fluorodeoxyglucose PET/CT scans for children and young adults with cancer: a prospective, non-randomised, single-centre study. *The Lancet Oncology* 2014;15(3):275-285. doi: 10.1016/s1470-2045(14)70021-x
14. Adams HJ, Kwee TC, Vermoolen MA, Ludwig I, Bierings MB, Nievelstein RA. Whole-body MRI vs. CT for staging lymphoma: patient experience. *European journal of radiology* 2014;83(1):163-166. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.10.008
15. Adams HJ, Kwee TC, Lokhorst HM, Westerweel PE, Fijnheer R, Kersten MJ, Verkooijen HM, Stoker J, Nievelstein RA. Potential prognostic implications of whole-body bone marrow

MRI in diffuse large B-cell lymphoma patients with a negative blind bone marrow biopsy. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI* 2014;39(6):1394-1400. doi: 10.1002/jmri.24318

16. Siegel MJ, Acharyya S, Hoffer FA, Wyly JB, Friedmann AM, Snyder BS, Babyn PS, Khanna G, Siegel BA. Whole-body MR imaging for staging of malignant tumors in pediatric patients: results of the American College of Radiology Imaging Network 6660 Trial. *Radiology* 2013;266(2):599-609. doi: 10.1148/radiol.12112531

17. Punwani S, Taylor SA, Saad ZZ, Bainbridge A, Groves A, Daw S, Shankar A, Halligan S, Humphries PD. Diffusion-weighted MRI of lymphoma: prognostic utility and implications for PET/MRI? *European journal of nuclear medicine and molecular imaging* 2013;40(3):373-385. doi: 10.1007/s00259-012-2293-7

18. Punwani S, Cheung KK, Skipper N, Bell N, Bainbridge A, Taylor SA, Groves AM, Hain SF, Ben-Haim S, Shankar A, Daw S, Halligan S, Humphries PD. Dynamic contrast-enhanced MRI improves accuracy for detecting focal splenic involvement in children and adolescents with Hodgkin disease. *Pediatric radiology* 2013;43(8):941-949. doi: 10.1007/s00247-012-2616-7

19. Punwani S, Taylor SA, Bainbridge A, Prakash V, Bandula S, De Vita E, Olsen OE, Hain SF, Stevens N, Daw S, Shankar A, Bomanji JB, Humphries PD. Pediatric and adolescent lymphoma: comparison of whole-body STIR half-Fourier RARE MR imaging with an enhanced PET/CT reference for initial staging. *Radiology* 2010;255(1):182-190. doi: 10.1148/radiol.09091105

20. Kwee TC, Takahara T, Vermoolen MA, Bierings MB, Mali WP, Nievelstein RA. Whole-body diffusion-weighted imaging for staging malignant lymphoma in children. *Pediatric radiology* 2010;40(10):1592-1602; quiz 1720-1591. doi: 10.1007/s00247-010-1775-7

21. Krohmer S, Sorge I, Krausse A, Kluge R, Bierbach U, Marwede D, Kahn T, Hirsch W. Whole-body MRI for primary evaluation of malignant disease in children. *European journal of radiology* 2010;74(1):256-261. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.01.037

22. Goo HW. Whole-body MRI of neuroblastoma. *European journal of radiology* 2010;75(3):306-314. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.09.014

23. Burdach S, Thiel U, Schoniger M, Haase R, Wawer A, Nathrath M, Kabisch H, Urban C, Laws HJ, Dirksen U, Steinborn M, Dunst J, Jurgens H. Total body MRI-governed involved compartment irradiation combined with high-dose chemotherapy and stem cell rescue improves long-term survival in Ewing tumor patients with multiple primary bone metastases. *Bone marrow transplantation* 2010;45(3):483-489. doi: 10.1038/bmt.2009.184

24. Mentzel HJ, Kentouche K, Sauner D, Fleischmann C, Vogt S, Gottschild D, Zintl F, Kaiser WA. Comparison of whole-body STIR-MRI and 99mTc-methylene-diphosphonate scintigraphy in children with suspected multifocal bone lesions. *European radiology* 2004;14(12):2297-2302. doi: 10.1007/s00330-004-2390-5

25. Laffan EE, O'Connor R, Ryan SP, Donoghue VB. Whole-body magnetic resonance imaging: a useful additional sequence in paediatric imaging. *Pediatric radiology* 2004;34(6):472-480. doi: 10.1007/s00247-004-1184-x

26. Kellenberger CJ, Epelman M, Miller SF, Babyn PS. Fast STIR whole-body MR imaging in children. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 2004;24(5):1317-1330. doi: 10.1148/rg.245045048

27. Daldrup-Link HE, Franzius C, Link TM, Laukamp D, Sciuk J, Jurgens H, Schober O, Rummeny EJ. Whole-body MR imaging for detection of bone metastases in children and young adults: comparison with skeletal scintigraphy and FDG PET. *AJR American journal of roentgenology* 2001;177(1):229-236. doi: 10.2214/ajr.177.1.1770229

28. Regacini R, Puchnick A, Luisi FAV, Lederman HM. Can diffusion-weighted whole-body MRI replace contrast-enhanced CT for initial staging of Hodgkin lymphoma in children and adolescents? *Pediatric radiology* 2018;48(5):638-647. doi: 10.1007/s00247-018-4071-6

29. Albano D, Patti C, Matranga D, Lagalla R, Midiri M, Galia M. Whole-body diffusion-weighted MR and FDG-PET/CT in Hodgkin Lymphoma: Predictive role before treatment and early assessment after two courses of ABVD. *European journal of radiology* 2018;103:90-98. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.04.014

30. Yoon HM, Kim JR, Jung AY, Cho YA, Im HJ, Lee JS. Whole Body MR Imaging: A Useful Imaging Modality in the Management of Children With Acute Myeloid Leukemia. *Clinical lymphoma, myeloma & leukemia* 2017;17(4):231-237. doi: 10.1016/j.clml.2017.02.004
31. Raissaki M, Demetriou S, Spanakis K, Skiadas C, Katzilakis N, Velivassakis EG, Stiakaki E, Karantanas AH. Multifocal bone and bone marrow lesions in children - MRI findings. *Pediatric radiology* 2017;47(3):342-360. doi: 10.1007/s00247-016-3737-1
32. Littooij AS, Kwee TC, Barber I, Granata C, de Keizer B, Beek FJ, Hobbelink MG, Fijnheer R, Stoker J, Nievelstein RA. Accuracy of whole-body MRI in the assessment of splenic involvement in lymphoma. *Acta radiologica (Stockholm, Sweden : 1987)* 2016;57(2):142-151. doi: 10.1177/0284185115571657
33. Pai Panandiker AS, Coleman J, Shulkin B. Whole-Body Pediatric Neuroblastoma Imaging: 123I-MIBG and Beyond. *Clinical nuclear medicine* 2015;40(9):737-739. doi: 10.1097/rlu.0000000000000829
34. Littooij AS, Kwee TC, de Keizer B, Bruin MC, Coma A, Beek FJ, Fijnheer R, Nievelstein RA. Whole-body MRI-DWI for assessment of residual disease after completion of therapy in lymphoma: A prospective multicenter study. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI* 2015;42(6):1646-1655. doi: 10.1002/jmri.24938
35. Smets AM, Deurloo EE, Slager TJE, Stoker J, Bipat S. Whole-body magnetic resonance imaging for detection of skeletal metastases in children and young people with primary solid tumors - systematic review. *Pediatric radiology* 2018;48(2):241-252. doi: 10.1007/s00247-017-4013-8
36. Kembhavi SA, Rangarajan V, Shah S, Qureshi S, Arora B, Juvekar S, Laskar S, Vora T, Chinnaswamy G, Ramadwar M, Kurkure P. Prospective observational study on diagnostic accuracy of whole-body MRI in solid small round cell tumours. *Clinical radiology* 2014;69(9):900-908. doi: 10.1016/j.crad.2014.04.006
37. Kumar J, Seith A, Kumar A, Sharma R, Bakhshi S, Kumar R, Agarwala S. Whole-body MR imaging with the use of parallel imaging for detection of skeletal metastases in pediatric patients with small-cell neoplasms: comparison with skeletal scintigraphy and FDG PET/CT. *Pediatric radiology* 2008;38(9):953-962. doi: 10.1007/s00247-008-0921-y
38. Goo HW, Choi SH, Ghim T, Moon HN, Seo JJ. Whole-body MRI of paediatric malignant tumours: comparison with conventional oncological imaging methods. *Pediatric radiology* 2005;35(8):766-773. doi: 10.1007/s00247-005-1459-x
39. O'Neill AF, Voss SD, Jagannathan JP, Kamihara J, Nibecker C, Itriago-Araujo E, Masciari S, Parker E, Barreto M, London WB, Garber JE, Diller L. Screening with whole-body magnetic resonance imaging in pediatric subjects with Li-Fraumeni syndrome: A single institution pilot study. *Pediatric blood & cancer* 2018;65(2). doi: 10.1002/pbc.26822
40. Rednam SP, Erez A, Druker H, Janeway KA, Kamihara J, Kohlmann WK, Nathanson KL, States LJ, Tomlinson GE, Villani A, Voss SD, Schiffman JD, Wasserman JD. Von Hippel-Lindau and Hereditary Pheochromocytoma/Paraganglioma Syndromes: Clinical Features, Genetics, and Surveillance Recommendations in Childhood. *Clinical cancer research : an official journal of the American Association for Cancer Research* 2017;23(12):e68-e75. doi: 10.1158/1078-0432.ccr-17-0547
41. Ballinger ML, Best A, Mai PL, Khincha PP, Loud JT, Peters JA, Achatz MI, Chojniak R, Balieiro da Costa A, Santiago KM, Garber J, O'Neill AF, Eeles RA, Evans DG, Bleiker E, Sonke GS, Ruijs M, Loo C, Schiffman J, Naumer A, Kohlmann W, Strong LC, Bojadzieva J, Malkin D, Rednam SP, Stoffel EM, Koeppe E, Weitzel JN, Slavin TP, Nehoray B, Robson M, Walsh M, Manelli L, Villani A, Thomas DM, Savage SA. Baseline Surveillance in Li-Fraumeni Syndrome Using Whole-Body Magnetic Resonance Imaging: A Meta-analysis. *JAMA oncology* 2017;3(12):1634-1639. doi: 10.1001/jamaoncol.2017.1968
42. Anupindi SA, Bedoya MA, Lindell RB, Rambhatla SJ, Zelle K, Nichols KE, Chauvin NA. Diagnostic Performance of Whole-Body MRI as a Tool for Cancer Screening in Children With Genetic Cancer-Predisposing Conditions. *AJR American journal of roentgenology* 2015;205(2):400-408. doi: 10.2214/ajr.14.13663
43. Nguyen R, Jett K, Harris GJ, Cai W, Friedman JM, Mautner VF. Benign whole body tumor volume is a risk factor for malignant peripheral nerve sheath tumors in

- neurofibromatosis type 1. *Journal of neuro-oncology* 2014;116(2):307-313. doi: 10.1007/s11060-013-1293-1
44. Friedman DN, Lis E, Sklar CA, Oeffinger KC, Reppucci M, Fleischut MH, Francis JH, Marr B, Abramson DH, Dunkel IJ. Whole-body magnetic resonance imaging (WB-MRI) as surveillance for subsequent malignancies in survivors of hereditary retinoblastoma: a pilot study. *Pediatric blood & cancer* 2014;61(8):1440-1444. doi: 10.1002/pbc.24835
45. Derlin T, Tornquist K, Munster S, Apostolova I, Hagel C, Friedrich RE, Wedegartner U, Mautner VF. Comparative effectiveness of 18F-FDG PET/CT versus whole-body MRI for detection of malignant peripheral nerve sheath tumors in neurofibromatosis type 1. *Clinical nuclear medicine* 2013;38(1):e19-25. doi: 10.1097/RLU.0b013e318266ce84
46. Karmazyn B, Cohen MD, Jennings SG, Robertson KA. Marrow signal changes observed in follow-up whole-body MRI studies in children and young adults with neurofibromatosis type 1 treated with imatinib mesylate (Gleevec) for plexiform neurofibromas. *Pediatric radiology* 2012;42(10):1218-1222. doi: 10.1007/s00247-012-2440-0
47. Mautner VF, Asuagbor FA, Dombi E, Funsterer C, Kluwe L, Wenzel R, Widemann BC, Friedman JM. Assessment of benign tumor burden by whole-body MRI in patients with neurofibromatosis 1. *Neuro-oncology* 2008;10(4):593-598. doi: 10.1215/15228517-2008-011
48. Arnoldi AP, Schlett CL, Douis H, Geyer LL, Voit AM, Bleisteiner F, Jansson AF, Weckbach S. Whole-body MRI in patients with Non-bacterial Osteitis: Radiological findings and correlation with clinical data. *European radiology* 2017;27(6):2391-2399. doi: 10.1007/s00330-016-4586-x
49. Herruela-Suffee C, Warin M, Castier-Amouyel M, Dallery F, Bonnaire B, Constans JM. Whole-body MRI in generalized cystic lymphangiomatosis in the pediatric population: diagnosis, differential diagnoses, and follow-up. *Skeletal radiology* 2016;45(2):177-185. doi: 10.1007/s00256-015-2280-8
50. Roderick M, Shah R, Finn A, Ramanan AV. Efficacy of pamidronate therapy in children with chronic non-bacterial osteitis: disease activity assessment by whole body magnetic resonance imaging. *Rheumatology (Oxford, England)* 2014;53(11):1973-1976. doi: 10.1093/rheumatology/keu226
51. Hofmann C, Wurm M, Schwarz T, Neubauer H, Beer M, Girschick H, Morbach H. A standardized clinical and radiological follow-up of patients with chronic non-bacterial osteomyelitis treated with pamidronate. *Clinical and experimental rheumatology* 2014;32(4):604-609.
52. Castro TC, Lederman H, Terreri MT, Caldana WI, Zanoteli E, Hilario MO. Whole-body magnetic resonance imaging in the assessment of muscular involvement in juvenile dermatomyositis/polymyositis patients. *Scandinavian journal of rheumatology* 2014;43(4):329-333. doi: 10.3109/03009742.2013.868509
53. Mueller WP, Melzer HI, Schmid I, Coppenrath E, Bartenstein P, Pfluger T. The diagnostic value of 18F-FDG PET and MRI in paediatric histiocytosis. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging* 2013;40(3):356-363. doi: 10.1007/s00259-012-2278-6
54. Falip C, Alison M, Boutry N, Job-Deslandre C, Cotten A, Azoulay R, Adamsbaum C. Chronic recurrent multifocal osteomyelitis (CRMO): a longitudinal case series review. *Pediatric radiology* 2013;43(3):355-375. doi: 10.1007/s00247-012-2544-6
55. Fritz J, Tzaribatchev N, Claussen CD, Carrino JA, Horger MS. Chronic recurrent multifocal osteomyelitis: comparison of whole-body MR imaging with radiography and correlation with clinical and laboratory data. *Radiology* 2009;252(3):842-851. doi: 10.1148/radiol.2523081335
56. Steinborn M, Wortler K, Nathrath M, Schoniger M, Hahn H, Rummeny EJ. [Whole-body MRI in children with langerhans cell histiocytosis for the evaluation of the skeletal system]. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2008;180(7):646-653. doi: 10.1055/s-2008-1027345
57. Goo HW, Yang DH, Ra YS, Song JS, Im HJ, Seo JJ, Ghim T, Moon HN. Whole-body MRI of Langerhans cell histiocytosis: comparison with radiography and bone scintigraphy. *Pediatric radiology* 2006;36(10):1019-1031. doi: 10.1007/s00247-006-0246-7

58. Rossi E, Perrone A, Narese D, Cangelosi M, Sollai S, Semeraro A, Mortilla M, Defilippi C. Role of Whole-Body MR with DWIBS in child's Bartonellosis. *La Clinica terapeutica* 2016;167(4):101-104. doi: 10.7417/ct.2016.1938
59. Littooij AS, Kwee TC, Enriquez G, Verbeke JI, Granata C, Beishuizen A, de Lange C, Zennaro F, Bruin MC, Nievelstein RA. Whole-body MRI reveals high incidence of osteonecrosis in children treated for Hodgkin lymphoma. *British journal of haematology* 2017;176(4):637-642. doi: 10.1111/bjh.14452
60. Leclair N, Thormer G, Sorge I, Ritter L, Schuster V, Hirsch FW. Whole-Body Diffusion-Weighted Imaging in Chronic Recurrent Multifocal Osteomyelitis in Children. *PloS one* 2016;11(1):e0147523. doi: 10.1371/journal.pone.0147523
61. Aquino MR, Tse SM, Gupta S, Rachlis AC, Stimec J. Whole-body MRI of juvenile spondyloarthritis: protocols and pictorial review of characteristic patterns. *Pediatric radiology* 2015;45(5):754-762. doi: 10.1007/s00247-015-3319-7
62. Malattia C, Damasio MB, Madeo A, Pistorio A, Providenti A, Pederzoli S, Viola S, Buoncompagni A, Mattiuz C, Beltramo A, Consolaro A, Ravelli A, Ruperto N, Picco P, Magnano GM, Martini A. Whole-body MRI in the assessment of disease activity in juvenile dermatomyositis. *Annals of the rheumatic diseases* 2014;73(6):1083-1090. doi: 10.1136/annrheumdis-2012-202915
63. von Kalle T, Heim N, Hospach T, Langendorfer M, Winkler P, Stuber T. Typical patterns of bone involvement in whole-body MRI of patients with chronic recurrent multifocal osteomyelitis (CRMO). *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2013;185(7):655-661. doi: 10.1055/s-0033-1335283
64. Pratesi A, Medici A, Bresci R, Micheli A, Barni S, Pratesi C. Sick cell-related bone marrow complications: the utility of diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *Journal of pediatric hematology/oncology* 2013;35(4):329-330. doi: 10.1097/MPH.0b013e318290c5f3
65. Morbach H, Schneider P, Schwarz T, Hofmann C, Raab P, Neubauer H, Duren C, Beer M, Girschick HJ. Comparison of magnetic resonance imaging and 99mTechnetium-labelled methylene diphosphonate bone scintigraphy in the initial assessment of chronic non-bacterial osteomyelitis of childhood and adolescents. *Clinical and experimental rheumatology* 2012;30(4):578-582.
66. Miettinen PM, Lafay-Cousin L, Guilcher GM, Nettel-Aguirre A, Moorjani V. Widespread osteonecrosis in children with leukemia revealed by whole-body MRI. *Clinical orthopaedics and related research* 2012;470(12):3587-3595. doi: 10.1007/s11999-012-2579-x
67. Kennedy MT, Murphy T, Murphy M, Laffan E, Connolly P. Whole body MRI in the diagnosis of chronic recurrent multifocal osteomyelitis. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR* 2012;98(4):461-464. doi: 10.1016/j.otsr.2012.02.006
68. Guerin-Pfyffer S, Guillaume-Czitrom S, Tammam S, Kone-Paut I. Evaluation of chronic recurrent multifocal osteitis in children by whole-body magnetic resonance imaging. *Joint, bone, spine : revue du rhumatisme* 2012;79(6):616-620. doi: 10.1016/j.jbspin.2011.12.001
69. Ferreira EC, Brito CC, Domingues RC, Bernardes M, Marchiori E, Gasparetto EL. Whole-body MR imaging for the evaluation of McCune-albright syndrome. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI* 2010;31(3):706-710. doi: 10.1002/jmri.22056
70. Rodrigues MMC, Lederman HM, Grossman I, Castiglioni MLV, Marchetti R, Grass DC, Luisi FAV, Caran EMM. Comparison between whole-body magnetic resonance imaging and whole-body metaiodobenzylguanidine scintigraphy in the evaluation of primary tumor and metastases in neuroblastoma. *Pediatric blood & cancer* 2024;71(3):e30820. doi: 10.1002/pbc.30820
71. Panwar J, Tolend M, Kirkhus E, Meyers AB, Redd B, Sudol-Szopinska I, Varma N, Inarejos Clemente EJ, Colbert RA, Akikusa J, Appenzeller S, Carrino JA, Herregods N, Highmore K, Jans L, Jaremko JL, von Kalle T, van Rossum MA, Rumsey DG, Srinivasalu H, Stimec J, Tse SM, Twilt M, Tzaribachev N, Doria AS. Reliability assessment of the OMERACT whole-body magnetic resonance imaging scoring system for juvenile idiopathic arthritis. *Semin Arthritis Rheum* 2024;66:152437. doi: 10.1016/j.semarthrit.2024.152437
72. Neves R, Panek R, Clarkson K, Panagioti O, Fernandez NS, Wilne S, Suri M, Whitehouse WP, Jagani S, Dandapani M, Glazebrook C, Dineen RA. Feasibility of whole-body MRI for cancer screening in children and young people with ataxia telangiectasia: A

mixed methods cross-sectional study. *Cancer Med* 2024;13(14):e70049. doi: 10.1002/cam4.70049

73. Morakote W, Baratto L, Ramasamy SK, Adams LC, Liang T, Sarrami AH, Daldrup-Link HE. Comparison of diffusion-weighted MRI and [(18)F]FDG PET/MRI for treatment monitoring in pediatric Hodgkin and non-Hodgkin lymphoma. *European radiology* 2024;34(1):643-653. doi: 10.1007/s00330-023-10015-5
74. Choida V, Bray TJP, van Vucht N, Abbasi MA, Bainbridge AP, Parry T, Mallett S, Ciurtin C, Hall-Craggs MA. A simple, clinically usable whole-body MRI system of joint assessment in adolescents and young people with juvenile idiopathic arthritis. *Rheumatology (Oxford, England)* 2024;63(Si2):Si219-si227. doi: 10.1093/rheumatology/keae117
75. Raimann M, Ludwig J, Heumann P, Rechenberg U, Goelz L, Mutze S, Schellerer V, Ekkernkamp A, Bakir MS. Whole-Body Magnetic Resonance Tomography and Whole-Body Computed Tomography in Pediatric Polytrauma Diagnostics-A Retrospective Long-Term Two-Center Study. *Diagnostics (Basel)* 2023;13(7). doi: 10.3390/diagnostics13071218
76. Perrone A, Lakatos K, Pegoraro F, Trambusti I, Fotzi I, Selvi V, Prosch H, Sertorio F, Pötschger U, Favre C, Conte M, Minkov M, Sieni E. Whole-body magnetic resonance imaging for staging Langerhans cell histiocytosis in children and young adults. *Pediatric blood & cancer* 2023;70(2):e30064. doi: 10.1002/pbc.30064
77. Zadig PK, von Brandis E, Flatø B, Ording Müller LS, Nordal EB, de Horatio LT, Rosendahl K, Avenarius DFM. Whole body magnetic resonance imaging in healthy children and adolescents: Bone marrow appearances of the appendicular skeleton. *European journal of radiology* 2022;153:110365. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110365
78. von Brandis E, Zadig PK, Avenarius DFM, Flatø B, Kristian Knudsen P, Lilleby V, Nguyen B, Rosendahl K, Ording Müller LS. Whole body magnetic resonance imaging in healthy children and adolescents. Bone marrow appearances of the axial skeleton. *European journal of radiology* 2022;154:110425. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110425
79. Person A, Janitz E, Thapa M. Pediatric Bone Marrow: Normal and Abnormal MRI Appearance. *Semin Roentgenol* 2021;56(3):325-337. doi: 10.1053/j.ro.2021.05.002
80. Bhalla D, Jana M, Kandasamy D. Diagnostic accuracy of whole-body magnetic resonance imaging versus positron emission tomography-computed tomography for the staging of pediatric lymphoma: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric radiology* 2023;53(13):2683-2691. doi: 10.1007/s00247-023-05775-7
81. Spijkers S, Littooi AS, Kwee TC, Tolboom N, Beishuizen A, Bruin MCA, Elias SG, van de Brug T, Enríquez G, Sábado C, Miller E, Granata C, de Lange C, Verzeegnassi F, Greer MC, de Keizer B, Nievelstein RAJ. Whole-body MRI versus an FDG-PET/CT-based reference standard for staging of paediatric Hodgkin lymphoma: a prospective multicentre study. *European radiology* 2021;31(3):1494-1504. doi: 10.1007/s00330-020-07182-0
82. Lim GY, Hahn ST, Chung NG, Kim HK. Subcutaneous panniculitis-like T-cell lymphoma in a child: whole-body MRI in the initial and follow-up evaluations. *Pediatric radiology* 2009;39(1):57-61. doi: 10.1007/s00247-008-1002-y
83. Sun M, Cheng J, Zhang Y, Bai J, Wang F, Meng Y, Li Z. Application of DWIBS in malignant lymphoma: correlation between ADC values and Ki-67 index. *European radiology* 2018;28(4):1701-1708. doi: 10.1007/s00330-017-5135-y
84. Kalus S, Saifuddin A. Whole-body MRI vs bone scintigraphy in the staging of Ewing sarcoma of bone: a 12-year single-institution review. *European radiology* 2019;29(10):5700-5708. doi: 10.1007/s00330-019-06132-9
85. Karaarslan E, Alis D, Basar Y, Kumbasar B, Kalayci CB, Alpan B, Ozger H. The Role of Whole-Body Magnetic Resonance Imaging in Assessing Extrapulmonary Metastases in Osteosarcoma Staging and Restaging: A Pilot Study. *J Comput Assist Tomogr* 2023;47(4):629-636. doi: 10.1097/rct.0000000000001455
86. Kellenberger CJ, Miller SF, Khan M, Gilday DL, Weitzman S, Babyn PS. Initial experience with FSE STIR whole-body MR imaging for staging lymphoma in children. *European radiology* 2004;14(10):1829-1841. doi: 10.1007/s00330-004-2432-z
87. Gassenmaier S, Bares R, Barreuther M, Flaadt T, Lang P, Schaefer JF, Tsiflikas I. (123)Iodine-metaiodobenzylguanidine scintigraphy versus whole-body magnetic resonance

imaging with diffusion-weighted imaging in children with high-risk neuroblastoma - pilot study. *Pediatric radiology* 2021;51(7):1223-1230. doi: 10.1007/s00247-020-04960-2

88. Ladenstein R, Lambert B, Pötschger U, Castellani MR, Lewington V, Bar-Sever Z, Oudoux A, Śliwińska A, Taborska K, Biassoni L, Yanik GA, Naranjo A, Parisi MT, Shulkin BL, Nadel H, Gelfand MJ, Matthay KK, Park JR, Kreissman SG, Valteau-Couanet D, Boubaker A. Validation of the mIBG skeletal SIOOPEN scoring method in two independent high-risk neuroblastoma populations: the SIOOPEN/HR-NBL1 and COG-A3973 trials. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging* 2018;45(2):292-305. doi: 10.1007/s00259-017-3829-7

89. Neubauer H, Li M, Muller VR, Pabst T, Beer M. Diagnostic Value of Diffusion-Weighted MRI for Tumor Characterization, Differentiation and Monitoring in Pediatric Patients with Neuroblastic Tumors. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2017;189(7):640-650. doi: 10.1055/s-0043-108993

90. Gassenmaier S, Tsiflikas I, Fuchs J, Grimm R, Urla C, Esser M, Maennlin S, Ebinger M, Warmann SW, Schäfer JF. Feasibility and possible value of quantitative semi-automated diffusion weighted imaging volumetry of neuroblastic tumors. *Cancer Imaging* 2020;20(1):89. doi: 10.1186/s40644-020-00366-3

91. Georger B, Hero B, Harms D, Grebe J, Scheidhauer K, Berthold F. Metabolic activity and clinical features of primary ganglioneuromas. *Cancer* 2001;91(10):1905-1913.

92. Storz C, Bares R, Ebinger M, Handgretinger R, Tsiflikas I, Schäfer JF. Diagnostic value of whole-body MRI in Opsoclonus-myoclonus syndrome: a clinical case series (3 case reports). *BMC Med Imaging* 2019;19(1):70. doi: 10.1186/s12880-019-0372-y

93. Kim JR, Yoon HM, Jung AY, Cho YA, Seo JJ, Lee JS. Comparison of whole-body MRI, bone scan, and radiographic skeletal survey for lesion detection and risk stratification of Langerhans Cell Histiocytosis. *Sci Rep* 2019;9(1):317. doi: 10.1038/s41598-018-36501-1

94. Zhen-Guo H, Min-Xing Y, Xiao-Liang C, Ran Y, He C, Bao-Xiang G, Li-Guo Y, Kai-Ning S, Chan Q, Guo-Chun W. Value of whole-body magnetic resonance imaging for screening multifocal osteonecrosis in patients with polymyositis/dermatomyositis. *The British journal of radiology* 2017;90(1073):20160780. doi: 10.1259/bjr.20160780

95. Beer M, Stenzel M, Girschick H, Schlegel PG, Darge K. [Whole-body MR imaging in children with suspected osteonecrosis after intensive chemotherapy: preliminary results]. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 2008;180(3):238-245. doi: 10.1055/s-2008-1027185

96. Kieninger A, Schäfer JF, Tsiflikas I, Moll M, Kümmerle-Deschner J, Kraus MS, Esser M. Early diagnosis and response assessment in chronic recurrent multifocal osteomyelitis: changes in lesion volume and signal intensity assessed by whole-body MRI. *The British journal of radiology* 2022;95(1130):20211091. doi: 10.1259/bjr.20211091

97. Panwar J, Tolend M, Lim L, Tse SM, Doria AS, Laxer RM, Stimec J. Whole-body MRI Quantification for Assessment of Bone Lesions in Chronic Nonbacterial Osteomyelitis Patients Treated With Pamidronate: A Prevalence, Reproducibility, and Responsiveness Study. *J Rheumatol* 2021;48(5):751-759. doi: 10.3899/jrheum.200329

98. Zhao Y, Sato TS, Nielsen SM, Beer M, Huang M, Iyer RS, McGuire M, Ngo AV, Otjen JP, Panwar J, Stimec J, Thapa M, Toma P, Taneja A, Gove NE, Ferguson PJ. Development of a Scoring Tool for Chronic Nonbacterial Osteomyelitis Magnetic Resonance Imaging and Evaluation of its Interrater Reliability. *J Rheumatol* 2020;47(5):739-747. doi: 10.3899/jrheum.190186

99. Forestieri M, Napolitano A, Tomà P, Bascetta S, Cirillo M, Tagliente E, Fracassi D, D'Angelo P, Casazza I. Machine Learning Algorithm: Texture Analysis in CNO and Application in Distinguishing CNO and Bone Marrow Growth-Related Changes on Whole-Body MRI. *Diagnostics (Basel)* 2023;14(1). doi: 10.3390/diagnostics14010061

100. Andreasen CM, Jurik AG, Glerup MB, Høst C, Mahler BT, Hauge EM, Herlin T. Response to Early-onset Pamidronate Treatment in Chronic Nonbacterial Osteomyelitis: A Retrospective Single-center Study. *J Rheumatol* 2019;46(11):1515-1523. doi: 10.3899/jrheum.181254

101. Østergaard M, Eshed I, Althoff CE, Poggenborg RP, Diekhoff T, Krabbe S, Weckbach S, Lambert R, Pedersen S, Maksymowych W, Peterfy C, Freeston J, Bird P, Conaghan P,

Hermann KG. Whole-body Magnetic Resonance Imaging in Inflammatory Arthritis: Systematic Literature Review and First Steps Toward Standardization and an OMERACT Scoring System. *J Rheumatol* 2017;44(11):1699-1705.

102. Panwar J, Tolend M, Redd B, Srinivasalu H, Colbert RA, Akikusa J, Appenzeller S, Carrino JA, Herregods N, Jans L, Highmore K, von Kalle T, Kirkhus E, Rumsey DG, Jaremko JL, Clemente IEJ, van Rossum MA, Stimec J, Tse SM, Twilt M, Tzaribachev N, Sudol-Szopinska I, Meyers AB, Doria AS. Consensus-driven conceptual development of a standardized whole body-MRI scoring system for assessment of disease activity in juvenile idiopathic arthritis: MRI in JIA OMERACT working group. *Semin Arthritis Rheum* 2021. doi: 10.1016/j.semarthrit.2021.07.017

103. Babyn PS, Edrise J, Benseler SM, Lobo-Mueller E, Stimec J, Anderson M, Reaume M, Whitney-Mahoney K, Marcuz J, Tse SM. Whole body magnetic resonance imaging in juvenile spondyloarthritis: will it provide vital information compared to clinical exam alone? *Arthritis Rheum* 2011 63:S292.

104. Bhalla D, Bagri N, Jana M, Upadhyay AD. Can Whole-Body Magnetic Resonance Imaging Predict Relapse in Juvenile Idiopathic Arthritis? A Longitudinal Pilot Study. *J Clin Rheumatol* 2023;29(8):402-407. doi: 10.1097/rhu.0000000000002032

105. Tavakoli AA, Reichert M, Blank T, Dinter D, Weckbach S, Buchheidt D, Schoenberg SO, Attenberger U. Findings in whole body MRI and conventional imaging in patients with fever of unknown origin-a retrospective study. *BMC Med Imaging* 2020;20(1):94. doi: 10.1186/s12880-020-00493-0

106. Villani A, Shore A, Wasserman JD, Stephens D, Kim RH, Druker H, Gallinger B, Naumer A, Kohlmann W, Novokmet A, Tabori U, Tijerin M, Greer ML, Finlay JL, Schiffman JD, Malkin D. Biochemical and imaging surveillance in germline TP53 mutation carriers with Li-Fraumeni syndrome: 11 year follow-up of a prospective observational study. *The Lancet Oncology* 2016;17(9):1295-1305. doi: 10.1016/s1470-2045(16)30249-2

107. Glutig K, Pfeil A, Renz DM. [Imaging of tumor predisposition syndromes]. *Radiologe* 2021;61(7):658-666. doi: 10.1007/s00117-021-00861-z

108. Kratz CP, Achatz MI, Brugières L, Frebourg T, Garber JE, Greer MC, Hansford JR, Janeway KA, Kohlmann WK, McGee R, Mullighan CG, Onel K, Pajtler KW, Pfister SM, Savage SA, Schiffman JD, Schneider KA, Strong LC, Evans DGR, Wasserman JD, Villani A, Malkin D. Cancer Screening Recommendations for Individuals with Li-Fraumeni Syndrome. *Clinical cancer research : an official journal of the American Association for Cancer Research* 2017;23(11):e38-e45. doi: 10.1158/1078-0432.Ccr-17-0408

109. Kagami LAT, Du YK, Fernandes CJ, Le AN, Good M, Duvall MM, Baldino SE, Powers J, Zelley K, States LJ, Mathew MC, Katona BW, MacFarland SP, Maxwell KN. Rates of Intervention and Cancer Detection on Initial versus Subsequent Whole-body MRI Screening in Li-Fraumeni Syndrome. *Cancer Prev Res (Phila)* 2023;16(9):507-512. doi: 10.1158/1940-6207.Capr-23-0011

110. Saade-Lemus S, Degnan AJ, Acord MR, Srinivasan AS, Reid JR, Servaes SE, States LJ, Anupindi SA. Whole-body magnetic resonance imaging of pediatric cancer predisposition syndromes: special considerations, challenges and perspective. *Pediatric radiology* 2019;49(11):1506-1515. doi: 10.1007/s00247-019-04431-3

111. Evans DGR, Salvador H, Chang VY, Erez A, Voss SD, Schneider KW, Scott HS, Plon SE, Tabori U. Cancer and Central Nervous System Tumor Surveillance in Pediatric Neurofibromatosis 1. *Clinical cancer research : an official journal of the American Association for Cancer Research* 2017;23(12):e46-e53. doi: 10.1158/1078-0432.ccr-17-0589

112. Anupindi SA, Chauvin NA, Nichols KE. Reply to "Whole-Body MRI Screening in Children With Li-Fraumeni and Other Cancer-Predisposition Syndromes.". *AJR American journal of roentgenology* 2016;206(3):W53. doi: 10.2214/ajr.15.15646

113. Nemes K, Bens S, Bourdeaut F, Hasselblatt M, Kool M, Johann P, Kordes U, Schneppenheim R, Siebert R, Fruhwald MC. Rhabdoid Tumor Predisposition Syndrome. In: Adam MP, Ardinger HH, Pagon RA, Wallace SE, Bean LJH, Stephens K, Amemiya A, eds. *GeneReviews((R))*. Seattle (WA): University of Washington, Seattle University of Washington, Seattle. GeneReviews is a registered trademark of the University of Washington, Seattle. All rights reserved., 2017.

114. Brodeur GM, Nichols KE, Plon SE, Schiffman JD, Malkin D. Pediatric Cancer Predisposition and Surveillance: An Overview, and a Tribute to Alfred G. Knudson Jr. Clinical cancer research : an official journal of the American Association for Cancer Research 2017;23(11):e1-e5. doi: 10.1158/1078-0432.Ccr-17-0702
115. Al-Sarhani H, Gottumukkala RV, Grasparil ADS, 2nd, Tung EL, Gee MS, Greer MC. Screening of cancer predisposition syndromes. Pediatric radiology 2021. doi: 10.1007/s00247-021-05023-w
116. Merlini L, Carpentier M, Ferrey S, Anooshiravani M, Poletti PA, Hanquinet S. Whole-body MRI in children: Would a 3D STIR sequence alone be sufficient for investigating common paediatric conditions? A comparative study. European journal of radiology 2017;88:155-162. doi: 10.1016/j.ejrad.2017.01.014
117. Perez-Rossello JM, Connolly SA, Newton AW, Zou KH, Kleinman PK. Whole-body MRI in suspected infant abuse. AJR American journal of roentgenology 2010;195(3):744-750. doi: 10.2214/ajr.09.3364
118. Proisy M, Vivier PH, Morel B, Bruneau B, Sembely-Taveau C, Vacheresse S, Devillers A, Lecloirec J, Bodet-Milin C, Dubois M, Hamonic S, Bajoux E, Ganivet A, Adamsbaum C, Treguier C. Whole-body MR imaging in suspected physical child abuse: comparison with skeletal survey and bone scintigraphy findings from the PEDIMA prospective multicentre study. European radiology 2021;31(11):8069-8080. doi: 10.1007/s00330-021-07896-9
119. Eutsler EP, Khanna G. Whole-body magnetic resonance imaging in children: technique and clinical applications. Pediatric radiology 2016;46(6):858-872. doi: 10.1007/s00247-016-3586-y
120. Olsen OE. Practical body MRI-A paediatric perspective. European journal of radiology 2008;68(2):299-308. doi: 10.1016/j.ejrad.2008.06.034

Versionsnummer:	4.0
Erstveröffentlichung:	10/2018
Letzte inhaltliche Überarbeitung:	01/2025
Nächste Überprüfung geplant:	01/2030

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online