

Radiologische Diagnostik von Weichteiltumoren im Erwachsenenalter: MRT-Bildgebung ausgewählter Entitäten mit Abgrenzung zwischen benignen und malignen Tumoren

Radiological Diagnosis of Soft Tissue Tumors in Adults: MRI Imaging of Selected Entities Delineating Benign and Malignant Tumors

Autoren

Catharina Silvia Lisson, Christoph Gerhard Lisson, Meinrad Beer, Stefan Andreas Schmidt

Institut

Department of Diagnostic and Interventional Radiology,
University-Hospital of Ulm, Germany

Key words

muscular, skeletal-appendicular, skeletal-axial, soft tissues, neoplasms

eingereicht 19.02.2018

akzeptiert 11.08.2018

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0715-2205>

Online-Publikation: 18.12.2018

Fortschr Röntgenstr 2019; 191: 323–332

© Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart · New York

ISSN 1438-9029

Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. Stefan Andreas Schmidt

Diagnostic and Interventional Radiology, Universitätsklinikum
Ulm Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie,
Albert-Einstein-Allee 23, 89081 Ulm, Germany

Tel.: ++49/7 31/50 06 10 03

Fax: ++49/7 31/50 06 10 05

stefan.schmidt@uniklinik-ulm.de

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel In der Differenzierung unklarer Weichteiltumoren stellt die MRT die wichtigste und sensitivste Bildgebungsmodalität dar. Dabei hilft eine systematische Herangehensweise, die große Zahl möglicher Differenzialdiagnosen einzuengen.

Methode Unsere Übersichtsarbeit stellt systematisch die MR-tomografischen Charakteristika der wichtigsten weichteiligen Raumforderungen gegenüber und will helfen, einen Zugang zu diesen oft schwierigen Tumorentitäten zu erhalten.

Ergebnisse und Schlussfolgerung Durch die MRT als wichtigster Baustein in der Bildgebung von Weichteiltumoren ist eine nähere Einordnung der Tumorentität und oft auch eine Differenzierung zwischen benignen und malignen Raumforderungen möglich.

Kernaussagen:

- Die MRT ist die Methode der Wahl zur Abklärung eines unklaren Weichteiltumors.
- Durch eine systematische Herangehensweise kann zwischen benignen und unklaren Läsionen differenziert werden.
- Bei unklaren Läsionen sollte zum Malignitätsausschluss eine Biopsie erfolgen.

Zitierweise

- Lisson CS, Lisson CG, Beer M et al. Radiological Diagnosis of Soft Tissue Tumors in Adults: MRI Imaging of Selected Entities Delineating Benign and Malignant Tumors. Fortschr Röntgenstr 2019; 191: 323–332

ABSTRACT

Objective MRI is the most important and sensitive imaging modality in the differentiation of unclear soft tissue tumors. A systematic approach helps to narrow down the large number of possible differential diagnoses.

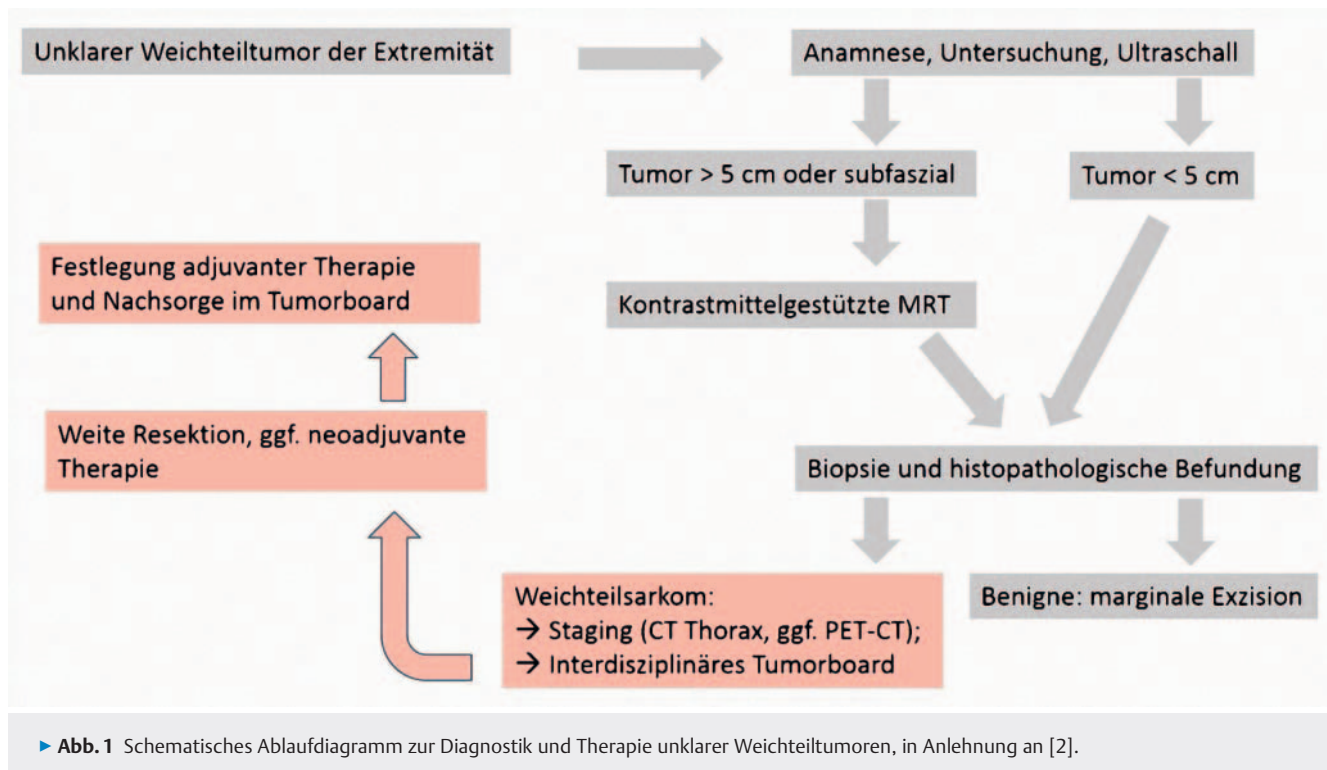
Method Our review systematically compares MRI characteristics of the major soft-tissue masses and aims to gain access to these often difficult tumor entities.

Results and conclusion MRI, as the most important modality in the imaging of soft tissue tumors, allows a more detailed classification of the tumor entity in many cases even a differentiation between benign and malignant masses.

Einleitung

Insgesamt machen maligne Weichteiltumoren etwa 1 % der malignen Tumoren im Erwachsenenalter aus, bei Kindern repräsentie-

ren maligne Weichteiltumoren etwa 15 % der Malignome. Insgesamt wird das Verhältnis benigner zu maligner Tumoren mit 100:1 angegeben [1]. Dennoch sollte sich im Fall eines klinisch neu aufgetretenen Weichteiltumors die weitere Diagnostik und



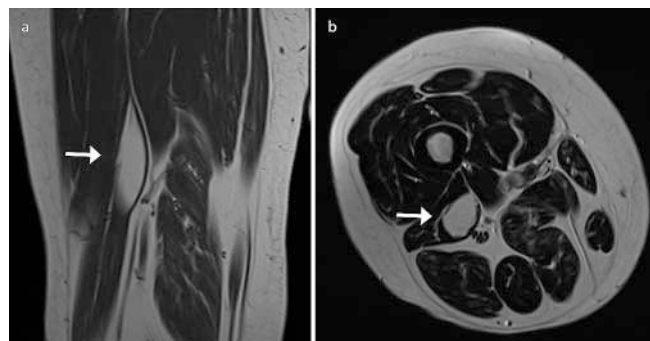
Therapie an einem standardisierten Ablauf orientieren, um auch bei den selteneren malignen Entitäten einen rechtzeitigen Therapiestart nicht zu verpassen (► **Abb. 1**, in Anlehnung an [2]). In der Diagnostik spielt dabei die MRT eine herausragende Rolle, da aufgrund spezifischer Unterschiede im Signalverhalten des Tumors in den verschiedenen MR-Sequenzen die initial große Zahl an Differenzialdiagnosen weiter eingengt werden kann. In vielen Fällen gelingt sogar eine endgültige Diagnose, was dem Patienten eine invasive Abklärung mittels Biopsie oder Operation ersparen kann. Die vorliegende Übersichtsarbeit konzentriert sich dabei auf die bildgebende Beschreibung ausgewählter Tumorentitäten und deren systematischer Charakterisierung.

Häufige Weichteiltumoren und ihre Merkmale in der Bildgebung

Einige Weichteiltumoren weisen in der MRT typische Signalcharakteristika auf, die eine Eingrenzung möglicher Differenzialdiagnosen erlaubt. Dies dient dem Radiologen als Hilfestellung und vermeidet im besten Fall sogar eine Biopsie. Im Folgenden werden beispielhaft Raumforderungen aufgeführt, welche einerseits häufig vorkommen, andererseits ein typisches Erscheinungsbild in der Bildgebung aufweisen.

Adipozytäre Tumoren

Lipome sind die häufigsten Weichteiltumoren mit einer Inzidenz von 2,1:100. Lipome sind strahlendurchlässig im konventionellen Röntgen bzw. in der Computertomografie und isointens zum



► **Abb. 2** 56-jähriger Mann mit intramuskulärem Lipom am Oberschenkel dorsal. **a** In der koronaren T1-TSE zeigt sich eine hyperintense, zum subkutanen Fettgewebe isointense Läsion (Pfeil). **b** In der axialen T2-TSE zeigt sich die glatt begrenzte Raumforderung ebenfalls homogen hyperintens ohne Nachweis verdickter Septen oder nodulärer Bestandteile (Pfeil).

subkutanen Fettgewebe in sämtlichen MRT-Sequenzen [3] (► **Abb. 2**).

Das klassische Lipom besteht ausschließlich aus Fettgewebe ohne noduläre Anteile oder Septierungen [4]. Jedoch enthält ein beträchtlicher Teil der benignen Lipome auch nicht fettige Anteile. In einer Studie von Kransdorf et al. [4] zeigten 31 % der Lipome nicht fettige Anteile in Form von Fettnekrosen mit Kalzifikationen, Fibrosierungen und anderen Veränderungen. Erwähnenswert ist auch, dass Unterformen, wie das Angiolipom oder das Myolipom, zwar ebenfalls zum Großteil aus fettigen Anteilen bestehen, hier jedoch die nicht fettigen Anteile die Diagnose eines benignen Lipoms erschweren können [5, 6]. Die wichtige Differenzialdiagnose eines Lipoms ist das gut differenzierte Liposarkom, welches

ebenfalls zum Großteil aus fettigen Anteilen besteht. Dagegen besitzen andere Subtypen, wie beispielsweise das myxoides Liposarkom, nahezu keine sichtbaren fettigen Anteile [7]. Eigenschaften, die für ein gut differenziertes Liposarkom sprechen, sind eine Größe von mehr als 10 cm, Septen von > 2 mm, das Vorhandensein von nodulären, nicht adipösen soliden Anteilen und ein Gesamtfettanteil der Läsion von < 75 % [4]. Insbesondere für die Fälle eines Rezidiv-Tumors, einer Tumorgöße von über 15 cm oder einer intraabdominalen bzw. retroperitonealen Lage kann mittels molekularpathologischem Nachweis einer MDM2- bzw. CDK4-Amplifikation durch Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) ein Liposarkom von einem Lipom differenziert werden [8].

Fibroblastische/myofibroblastische Tumoren

Die noduläre Faszitiis, die proliferative Faszitiis, die proliferative Myositis und die Myositis ossificans sind gutartige solide fibröse Veränderungen, die alle als Varianten der nodulären Faszitiis eingeordnet werden [9]. Dabei wird die Myositis ossificans nicht länger als chondroossäre Läsion klassifiziert [10]. Die Myositis ossificans tritt gehäuft in den großen Muskeln der unteren Extremität und bevorzugt bei jungen Erwachsenen auf. Oftmals lässt sich entgegen der Annahme in der Anamnese kein Trauma eruieren [11]. Im Lauf der Zeit kommt die Myositis ossificans abhängig vom Entwicklungsstadium in der Bildgebung unterschiedlich zur Darstellung. In den ersten Wochen lassen sich Kalzifikationen im konventionellen Röntgen oder in der CT nur selten abgrenzen. 2 bis 3 Monate später bilden sich wolkig-irreguläre Verdichtungen aus, welche sich im Verlauf von peripher nach zentral in einem sogenannten „zonalen Muster“ verdichten und schließlich zentral als Osteoidmatrix, peripher mit reifem lamellärem Knochen abgrenzbar sind [12, 13]. Das MRT-Bild ändert sich analog zu den beschriebenen histologischen Veränderungen. Im Frühstadium sind die Läsionen unscharf begrenzt, isointens in der T1w und heterogen hyperintens in der T2w mit diffusum umgebendem Weichteilödem. Durch im Lauf der Zeit zunehmende Kalzifikationen in der Peripherie tritt die Signalabsenkung immer mehr in Erscheinung. Sowohl in den T1w- wie auch in den T2w-Bildern zeigt sich die „reife“ Myositis ossificans als gut umschriebene Weichteilmasse, zentral Fett-isointens und mit niedriger Signalintensität in der Peripherie ohne Umgebungsödem. Zeigen sich zentral ebenfalls niedrige Signalintensitäten, so können Fibrose, Mineralisierung oder Hämosiderin der Grund sein. Ein typischer Verlauf der Erkrankung ist in ► **Abb. 3** dargestellt. Frühe Formen der Myositis ossificans können Kontrastmittel aufnehmen und als „malignes Sarkom“ fehlinterpretiert werden [13]. Dieses frühe Stadium stellt häufig auch den Histopathologen vor Probleme, insbesondere dann, wenn initial das klinische Bild an einen progredienten Tumor denken lässt und die Diagnose lediglich anhand einer kleinen Biopsie gestellt werden muss [14].

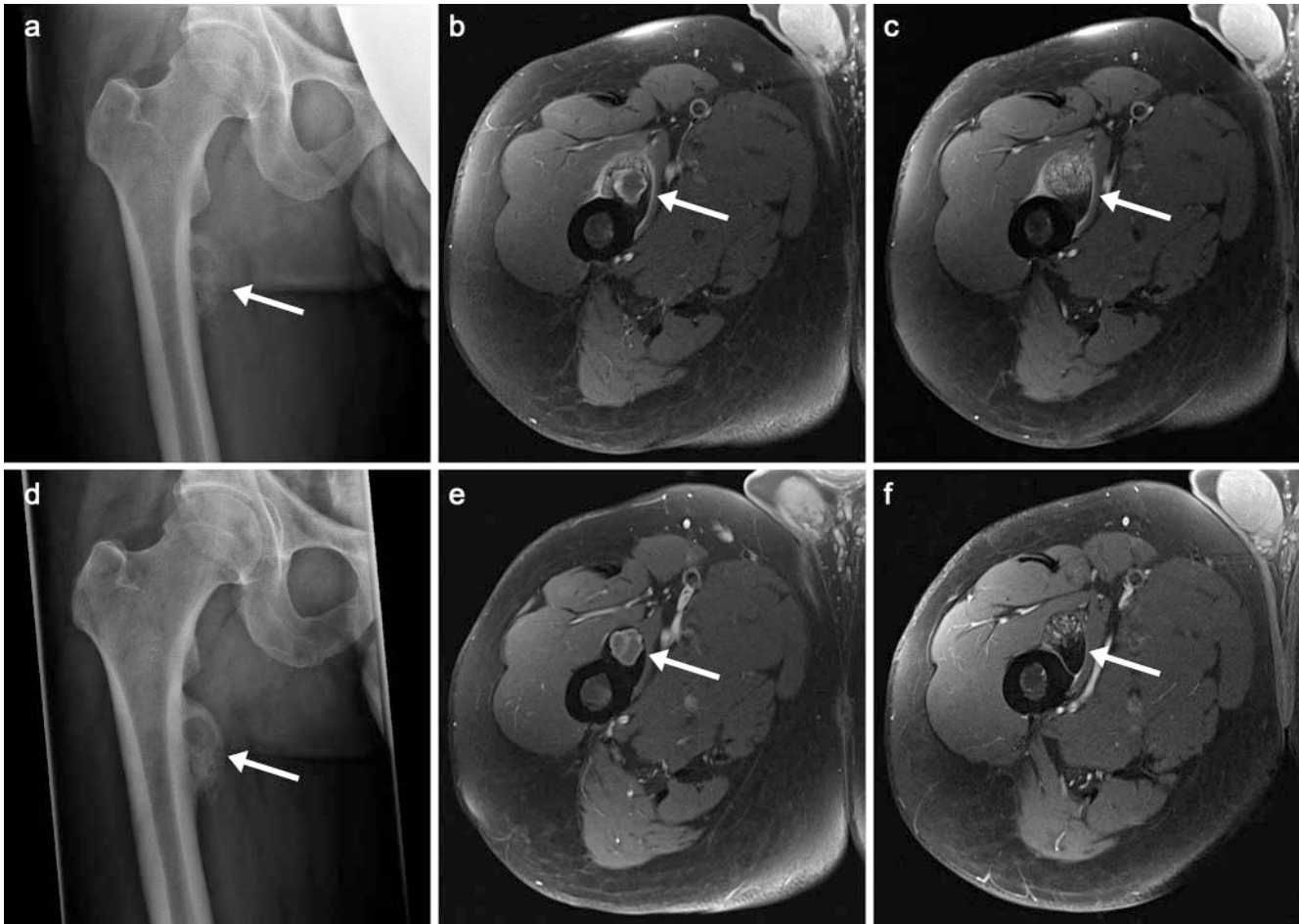
Vaskuläre Tumoren

Hämangiome sind die häufigsten benignen Tumore im Neugeborenen- und Säuglingsalter mit einer Häufigkeit von 10 % bei reifgeborenen Kindern bzw. bis zu 30 % bei Frühgeborenen. Das weibliche Geschlecht ist 3-mal häufiger betroffen. 60 % aller Hämangiome treten im Kopf- und Halsbereich auf, 25 % an den Extremitäten und etwa 15 % am Rumpf, wobei der genaue Entstehungsmechanismus noch nicht hinreichend geklärt ist [15].

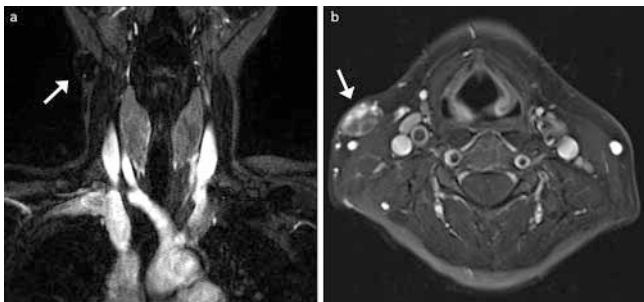
Der Begriff „Hämangiom“ bezeichnet hierbei unterschiedliche Gefäßanomalien. Die 2014 veröffentlichte und im Mai 2018 überarbeitete Klassifikation der ISSVA [16] vereint sowohl die Einteilung der kongenitalen vaskulären Tumoren als auch die der vaskulären Malformationen, die zusammen die Gruppe der kongenitalen Gefäßanomalien bilden: So werden etwa die infantilen Hämangiome nach dem Stadium eingeteilt, während die vaskulären Malformationen nach ihrem Wachstumsverhalten, der Lokalisation bzw. Organzugehörigkeit sowie nach dem prädominanten Gefäßursprung als kapilläre, venöse, lymphatische, arterielle oder kombinierte Fehlbildung des Gefäßsystems eingeteilt werden [17]. Die ISSVA-Klassifikation fokussiert auf die genetischen Ursachen sowie die mikroskopischen und radiologischen Befunde. Sie beinhaltet zudem die derzeit bekannten genetischen Störungen. Dabei zeigt sich, dass die Mehrzahl der genetischen vaskulären Malformationen Störungen im RAS-Signalweg aufweisen, ähnlich wie bei den neuroektodermalen Syndromen. Daraus ergeben sich gemeinsame Therapiekonzepte [17].

Klinisch können Hämangiome als bläuliche Hautveränderungen in Erscheinung treten und im Verlauf ihre Größe ändern. Teils können sie auch schmerzhaft sein. Bildmorphologisch können Hämangiome geschlängelte Gefäße, Fett, glatte Muskulatur, Hämosiderin und Phlebolithen enthalten [18]. Lassen sich im konventionellen Röntgen oder in der CT Phlebolithen abgrenzen, welche mineralisierten Thromben entsprechen, kann dies in der Diagnosestellung helfen [19]. Knochenveränderungen wie periostale Reaktionen, kortikale und medulläre Veränderungen sowie ein gesteigertes Knochenwachstum können sichtbar sein [18]. In der MRT weisen Hämangiome in der T2w i. a. R. einen lobulierten Aufbau auf, wobei dies als unspezifisch gilt; ein punktförmiger oder retikulärer Signalverlust kann Anteile mit Fibrosierungen, schnellem Fluss innerhalb der Gefäße oder Kalzifizierungen darstellen ► **Abb. 4**.

Flüssigkeitsspiegel können Zeichen kaverner Hämangiome sein [19]. In der T1w sind Hämangiome meist scharf abgrenzbar oder mit unscharfer Randbegrenzung, die Signalintensität in der T1w variiert je nach (reaktiver) Fettvermehrung oder Einblutung innerhalb des Hämangioms [20]. Hämangiom-Anteile mit niedrigem Fluss zeigen sich typischerweise stark hyperintens in der T2w gegenüber Anteilen mit schnellem Fluss, welche einen Signalverlust aufweisen [21]. Die MRT kann vaskuläre Malformationen in low-flow und high-flow Läsionen einteilen, hier kommt die dynamische KM-gestützte MR-Angiografie zum Einsatz [19]. Jedoch weisen auch andere vaskuläre Tumoren wie das Kaposi-Sarkom und das epitheloide Hämangioendotheliom in der MRT kein spezifisches Erscheinungsbild auf und können einem solitären Hämangiom täuschend ähnlich sein [19].



► **Abb. 3** 47-jähriger Mann mit Myositis ossificans rechts am proximalen Oberschenkel. **a** In der konventionellen Aufnahme juxtakortikale, flau kalzifizierte Formation mit zystischer Aufhellung kranial und soliden Anteilen kaudal ohne Kortikalis-Arrosion (Pfeil). **b, c** In der kontrastmittelgestützten fettgesättigten T1-TSE axial kranial zystische Anteile mit umgebendem Enhancement (**b**, Pfeil), kaudal Kontrastmittel-aufnehmende solide Anteile (**c**, Pfeil). **d** Innerhalb von 3 Monaten zunehmende Mehrsklerosierung (Pfeil). **e, f** In der kontrastmittelgestützten fettgesättigten T1-TSE axial nach 3 Monaten zunehmende Sklerose-Zone um die zystischen Anteile (**e**, Pfeil) mit rückläufigem Enhancement und Größenregredienz der soliden Anteile (**f**, Pfeil).



► **Abb. 4** 35-jährige Frau mit subkutanem Hämangiom cervical. **a** In den koronaren früharteriellen T1-Flash-3D-Angiografie-Sequenzen Nachweis punktförmiger Hyperintensitäten, zuführenden Gefäßen entsprechend (Pfeil). **b** In der kontrastmittelgestützten fettgesättigten T1-Spin-Echo axial zeigt sich ein inhomogenes, teils sehr kräftiges Enhancement der lobulierten Läsion (Pfeil).

Fibrohistiozytische Tumoren

Wie der Name bereits vermuten lässt, tritt diese Art der Tumoren an den Sehnenscheiden auf. Es handelt sich um eine gutartige proliferative Erkrankung der Synovia von Gelenken, Schleimbeuteln und Sehnenscheiden. Es wird eine fokale Form, welche auch unter dem Begriff Riesenzelltumor der Sehnenscheide bekannt ist, von einer diffusen Form, der pigmentierten villonodulären Synovialitis, unterschieden. Bei 80 % aller Patienten findet man einen monoartikulären Befall [4]. Meist fällt die Läsion als langsam wachsende Weichteilmasse mit oder ohne Schmerz auf. Die lokalisierte intraartikuläre Form zeigt in den meisten Fällen ein unauffälliges Röntgenbild [22]. Die diffuse Form weist in 21 % zwar ebenfalls keine Auffälligkeiten in der konventionellen Aufnahme auf [23], in der Mehrheit der Fälle zeigt das Röntgenbild jedoch einen Gelenkerguss, eine periartikuläre Weichteilschwellung oder Umbauten der an das Gelenk angrenzenden Knochenstrukturen [24–27]. Die weiterführende Diagnostik mittels MRT zeigt typische Veränderungen in Form heterogener, diffuser, häufig nodu-

lärer synovialer Verdickungen, wobei diese aufgrund der Kollagenansammlungen und Hämosiderin-Einlagerungen typischerweise intermediär bis niedrig signalintens auf T1w-Bildern und hypointens auf T2w-Bildern zur Darstellung kommen [28]. Dieser Effekt zeigt sich insbesondere auf Gradienten-Echo-Sequenzen durch das sogenannte Artefakt-bedingte „blooming“ [29]. Dabei ist der Eisengehalt der Läsionen allerdings variabel, wodurch die Bildgebungsmerkmale mehr oder weniger stark ausgeprägt sind. Bei einem Nachweis gelten sie jedoch als nahezu pathognomonisch für die PVNS, da die wenigen anderen Differenzialdiagnosen wie das synoviale Hämangiom zusätzlich tubulär-geschlängelte Gefäßstrukturen aufweisen und sich die hämophile Arthropathie durch eine gezielte Anamnese ausschließen lässt [18, 29].

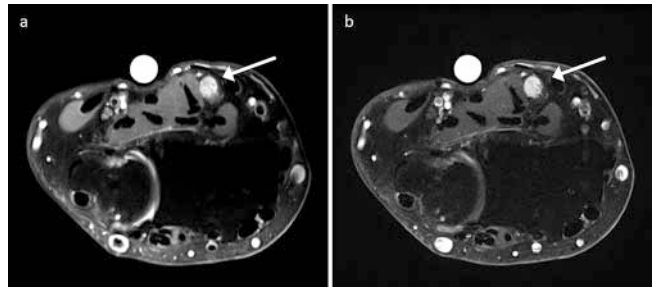
Periphere Nervenscheidentumoren

Periphere Nervenscheidentumoren (PNSTs) können gutartiger oder bösartiger Natur sein. Allen Nervenscheidentumoren gemein ist die Tatsache, dass für eine entsprechende Diagnose die enge Lagebeziehung zum Nervenverlauf vorliegen und auch bewiesen werden muss. Ist diese nicht gegeben, spielt die Tumorart in den differenzialdiagnostischen Überlegungen nur eine untergeordnete Rolle. Die gutartigen Varianten Neurofibrom und Schwannom machen zusammen 10% der benignen Weichteiltumoren aus [30]. Schwannome und Neurofibrome können in der Bildgebung schwierig voneinander zu unterscheiden sein – kommen sie doch beide als umschriebene spindelförmige Weichteilvermehrung entlang eines Nervis zur Darstellung. In manchen Fällen kann die räumliche Beziehung des PNSTs zum Nerv auch in der weiteren Subdifferenzierung helfen: Das Schwannom ist eher exzentrisch des Nervis gelegen, das Neurofibrom ist innerhalb des Nervis lokalisiert [31] (► **Abb. 5**).

Erwähnenswert ist das sogenannte „split fat sign“, welches mit PNSTs vergesellschaftet sein kann: Während der Tumor an Größe zunimmt, bleibt ein umgebender Randwall von normalem Fettgewebe erhalten [19]. Gutartige PNSTs sind typischerweise in T1w isointens zum Muskel und in T2w leicht hyperintens zum Fettgewebe [19]. Manche gutartigen PNSTs, insbesondere die Neurofibrome, zeigen ein sogenanntes „target sign“ in T2w. Hierbei beruhen die Hypointensitäten in der T2w auf dem Vorhandensein fibrokollagener Fasern, die T2w-Hyperintensitäten im Randbereich spiegeln myxomatöses Gewebe wider. Gutartige PNSTs können Kontrastmittel aufnehmen [32]. Die malignen PNSTs machen immerhin 6% aller Weichteilsarkome aus [32] und sind in 50% der Fälle mit einer Neurofibromatose Typ 1 vergesellschaftet [31]. Maligne PNSTs können teils schwer von den gutartigen PNSTs differenziert werden. Hinweise auf einen malignen PNST sind große Läsionen bei insgesamt schnellem Größenwachstum, ein unscharfer Rand sowie eine zentrale Nekrose [19, 31].

Magnetresonanztomografie und Sequenzprotokoll

Vor der eigentlichen Sequenzauswahl empfiehlt sich eine gute Planung im Vorfeld: Eine tastbare Raumforderung sollte mittels



► **Abb. 5** 49-jährige Frau mit Schwannom exzentrisch des Nervus medianus. **a** In der axialen PD-TSE stark hyperintense ovale Weichgewebsvermehrung (Pfeil). **b** In der axialen T1-TSE nach Kontrastmittelgabe zeigt sich ein kräftiges homogenes Enhancement (Pfeil).

Kapsel markiert werden. Soll eine Raumforderung primär nachgewiesen werden, sollte initial ein größeres FOV (field-of-view) gewählt und die kontralaterale Seite mit abgebildet werden. Anschließend gilt es, mittels kleinerem FOV und höherer räumlicher Auflösung die Läsion besser zu charakterisieren.

Bilder im Transversalschnitt bilden die anatomischen Verhältnisse innerhalb des untersuchten Kompartiments ab und evaluieren eine mögliche Umgebungsinfiltration. Koronare oder sagittale Schnitte setzen die Raumforderung in Bezug zu anatomischen Landmarken wie Knochen, Gefäßen oder Nervenstrukturen.

Wie bei den meisten anderen muskuloskelettalen Fragestellungen sind zur Abklärung eines Weichteiltumors T1- und T2-gewichtete Aufnahmen sowie fettsupprimierte Sequenzen erforderlich. In der Mehrzahl der Fälle zeigen Weichteiltumoren ein hypo- oder isointenses Signal in T1-gewichteten und ein hyperintenses Signal in T2-gewichteten Bildern. Hierbei kann in den T2-gewichteten Spin-Echo- oder Turbo-Spin-Echo-Sequenzen ein höherer Kontrast zwischen Läsion und umliegendem Fettgewebe durch Einsatz fettsupprimierter Techniken erreicht werden. Eine Ausnahme von diesem für nahezu alle Tumoren charakteristischen Signalverhalten bilden Tumoren mit einem hohen Fettanteil (hohe Signalintensität im T1-gewichteten Bild) oder Tumoren mit Einblutungen (hohe Signalintensität von Methämoglobin im T1-gewichteten Bild, niedrige Signalintensität von Deoxyhämoglobin und Hämosiderin im T2-gewichteten Bild). T2-gewichtete Gradienten-Echo-Sequenzen können zur Beurteilung von Hämosiderin-Ablagerungen durchgeführt werden. Diese findet man beispielsweise beim tenosynovialen Riesenzelltumor oder wie oben erwähnt auch bei Hämangiomen.

Der Einsatz Gadolinium-haltiger Kontrastmittel hilft, den Tumor besser zu charakterisieren (s. u.). Generell gilt es, die MRT vor der Biopsie durchzuführen, da Ödeme und Einblutungen nach der Biopsie sowie die Veränderungen im Stich- bzw. Biopsie-Kanal zu diagnostischen Problemen führen können. Das in domo verwendete Sequenzprotokoll ist in ► **Tab. 1** dargestellt.

► **Tab. 1** In domo verwendetes 3-Tesla MRT-Protokoll bei unklarem Weichteiltumor am Sprunggelenk.

Sequenz	TR (ms)	TE (ms)	ETL (ms)	Flip Angle (Grad)	Matrix
sagittal T1w-TSE vor/nach KM-Gabe	533	14	3	150	150 × 150
axial T1w-TSE fatsat nach KM-Gabe	672	12	3	150	169 × 169
axial T2w-TSE	5000	99	21	157	170 × 170
koronar T2w-TIRM	5320 (TI 202)	42	10	145	135 × 180
sagittal PDw-TSE fatsat	3350	36	12	178	180 × 180
axial EP2D: 0-400-800	4100	76	53	90	220 × 220

TSE = Turbospinecho, PD = Protonendichte, w = gewichtet, fatsat = mit Fettsuppression, TIRM = Turbo-Inversion Recovery-Magnitude.

MRT-basierte Charakterisierung eines unklaren Weichteiltumors

T1-hypointens oder -isointens

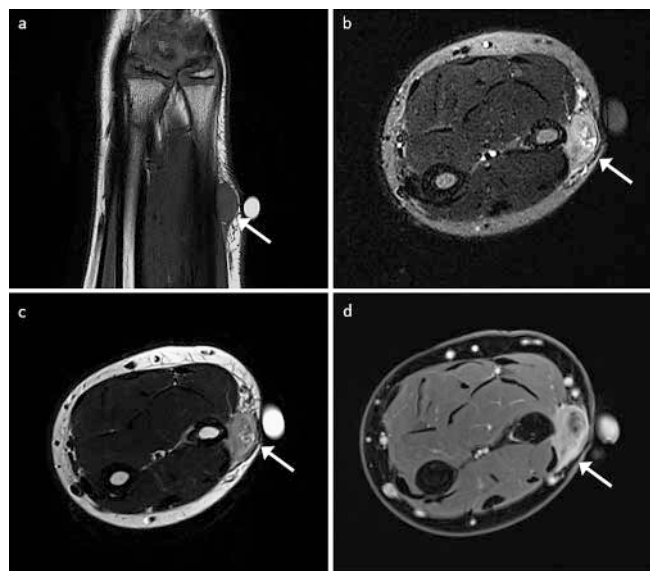
Da die meisten Weichteiltumoren iso- oder hypointens im Vergleich zu Muskelstrukturen sind, ist dementsprechend die Anzahl der Differenzialdiagnosen groß und reicht von gutartigen Läsionen wie einem Ganglion bis zu malignen Krankheitsbildern wie dem Fibrosarkom (► **Abb. 6**).

Eine dezidierte Charakterisierung auf der Basis einer niedrigen SI in der T1w allein ist daher nicht möglich [33]. Der nächste Schritt beinhaltet eine weitere Abklärung mittels T2-gewichteter Sequenzen.

T1-hyperintens

Generell gilt, dass Signalintensitäten auf den nicht fettgesättigten MRT-Bildern bestimmt werden sollten, da sich manche Raumforderungen in Sequenzen ohne Fettsättigung isointens zum Muskel darstellen, auf fettgesättigten T1w-Bildern jedoch relativ hyperintens zum Muskel zur Darstellung kommen. Bestandteile, die eine T1-Signalverkürzung bewirken, sind Fett, Methämoglobin, proteinreiche Flüssigkeiten und Melanin. Deshalb kommen als Differenzialdiagnosen fetthaltige Raumforderungen, hämorrhagische Raumforderungen mit Methämoglobinanteilen, proteinreiche Flüssigkeiten und Melanome bzw. Melanom-Metastasen in Betracht [3, 11, 34]. In einem nächsten Schritt sollte untersucht werden, ob sich diese T1-Signalsteigerung durch Fettsättigung unterdrücken lässt. Ist dies der Fall, enthält die Läsion Fett und die wahrscheinlichsten Diagnosen sind ein Lipom bzw. Lipom-Varianten, ein gut differenziertes Liposarkom oder ein Hämangiom.

Wichtig ist hierbei eine frequenzselektive Fettsättigung (chemically specific), da eine „Inversion Recovery fat suppression“ unspezifisch ist und nicht nur Fett, sondern auch andere Substanzen mit kurzer T1-Zeit supprimiert werden. Für den Fall, dass die Läsion zum Großteil aus Fett besteht, keine oder nur wenige dünne Septen und keine soliden, nodulären Anteile enthält, darf die Diagnose eines Lipoms gestellt werden. Für den Fall jedoch, dass die Läsion einen Durchmesser von mehr als 10 cm hat, Septen von



► **Abb. 6** 7-jähriges Mädchen mit juvenilem Fibrosarkom in der Subcutis am Unterarm. **a** In der axialen T1-TSE homogen hypointense Läsion (Pfeil). **b** In der axialen TIRM Nachweis zentraler Signalsteigerungen (Pfeil). **c** In der axialen T2-TSE mäßig hyperintense ovale Raumforderung mit heterogenem Signalverhalten zentral (Pfeil). **d** In der axialen T1-TSE nach KM-Gabe kräftiges Enhancement der Läsion (Pfeil) mit Aussparung zentral, in Zusammenschau am ehesten zentral nekrotisch-einschmelzend; periläsionale KM-Aufnahme wie bei beginnender Umgebungsinfiltration.

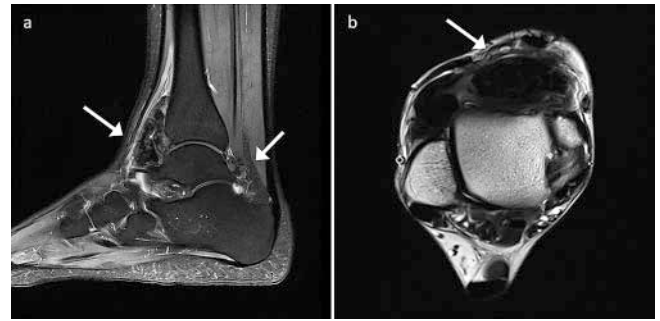
mehr als 2 mm Dicke oder noduläre, nicht fettige Anteile aufweist und aus insgesamt weniger als 75% Fett besteht, ist die Diagnose eines gut differenzierten Liposarkoms wahrscheinlich [4] (► **Abb. 7**).

T2-hypointens

Eine Raumforderung, die im Vergleich zur Skelettmuskulatur in T2-gewichteten Sequenzen eine niedrigere Signalintensität zeigt, kann Fibrosierungen, Hämosiderin und Kalzifikationen enthalten. Auch Luft und bestimmte Fremdkörper kommen in der T2w hypointens zur Darstellung. Eine Vielzahl gutartiger und bösar-



► **Abb. 7** 68-jährige Frau mit gut differenziertem Liposarkom in der Adduktorenloge. **a** In der koronaren T1-TSE fettisöaquivalentes Signalverhalten der glatt begrenzten Läsion (Pfeil). **b** In der T1-TSE脂肪sat nach Kontrastmittelgabe Signalabfall der fettigen Raumforderung, Enhancement feiner Binnenseptierungen (Pfeil).



► **Abb. 8** 24-jährige Frau mit tenosynovialen Riesenzelltumor am Sprunggelenk. **a** In der PD-TSE sagittal signalabgesenkte polylobulierte Raumforderung ventral und dorsal des tibiotaralen Gelenkspaltes (Pfeil). **b** In der T2-TSE axial stark hypointense, knotige Weichgewebsvermehrungen, passend zu Hämosiderin-Einlagerungen (Pfeil).

tiger Läsionen kann Fibrosierungen aufweisen: Narbengewebe, Fibrome und einige Fibrosarkome.

Bei T2w-signalabgesenkten Läsionen wie dem tenosynovialen Riesenzelltumor oder Lymphomen handelt es sich um sogenannte hypozelluläre Fibrosierungen im Gegensatz zu hyperzellulären Fibrosierungen wie z. B. beim Desmoid, welche hyperintens in der T2w zur Darstellung kommen [28, 35 – 37]. Im Fall von Hämosiderin lassen sich die T2-Signalabsenkungen teils erst in der T2* suffizient in Form eines „bloomings“ abgrenzen, weil der Hämosiderin-Anteil innerhalb der Läsion, wie z. B. beim tenosynovialen Riesenzelltumor oder beim Hämangiom, zu gering sein kann, um in der T2w detektiert zu werden und die T2* hierfür deutlich sensitiver ist. Verkalkungen weisen i. a. R. eine niedrige T2-Signalintensität auf, jedoch ist das Signalverhalten sowohl vom Ausmaß wie auch von der Verteilung der Kalzifizierungen innerhalb der Läsion abhängig und zusätzlich davon, ob es eine Umgebungsreaktion wie ein Ödem oder eine inflammatorische Reaktion gibt. Martinez et al. fanden in ihrer Studie heraus, dass es im Rahmen intratumoraler Verkalkungen zu heterogenen T2-Signalintensitäten kommt mit hypo- wie auch hyperintensiven Anteilen, wobei letztere wohl im Rahmen inflammatorischer Zustände zu bewerten sind, so z. B. bei Fremdkörperreaktionen [38]. Weist eine Raumforderung eine niedrige T2-Signalintensität auf, sollte das Röntgenbild herangezogen werden, um die Anwesenheit von Verkalkungen zu analysieren, da dies in der MRT oft schwer möglich ist. Zeigen sich keine Verkalkungen im Röntgenbild, so handelt es sich bei einer T2w-hypointensen Läsion am wahrscheinlichsten um eine fokale Fibrose oder einen Tumor mit einem substanzialen Anteil fibrotischer Fasern, z. B. einer fibrotischen Narbe nach vorangegangener OP oder einem tenosynovialen Riesenzelltumor mit sichtbarem Bezug zur Sehne (► **Abb. 8**).

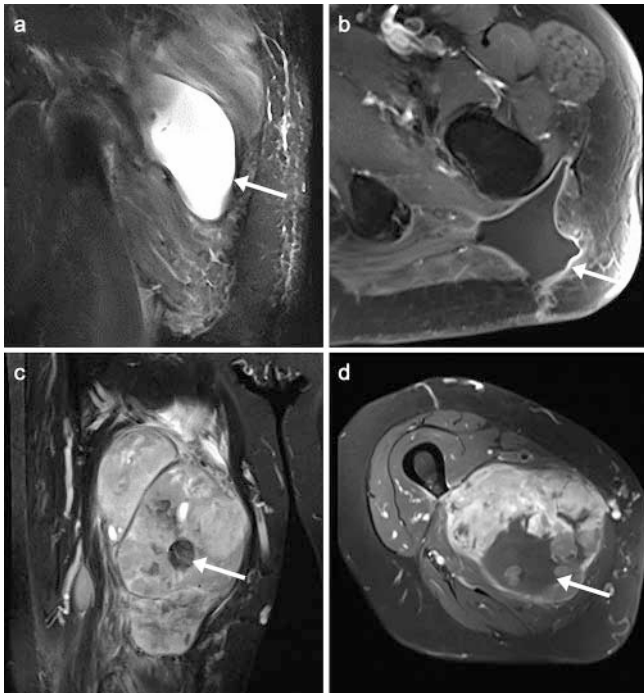
T2-hyperintense, zystenähnliche Läsionen

Viele der T2w-hyperintensiven Läsionen sind heterogen und die Differenzialdiagnosen sind vielfältig. Diese beinhalten liquide Läsionen wie Lymphangiome, partiell liquide Läsionen wie synoviale Zysten und Serome, daneben solide Läsionen wie das myxoide Sarkom und das Synovialsarkom. Da diese eben genannten soliden Läsionen ein recht homogenes, T2w-hyperintensives Signalverhalten zeigen, gilt es, die Fehldiagnose einer flüssigkeits-

gefüllten Struktur bzw. einer zystischen Läsion zu vermeiden [39]. Auch hyaliner Knorpel und hyperämische Synovia kann Flüssigkeit imitieren [13, 40]. Durch die Gabe intravenöser Kontrastmittel können echte Zysten von soliden Raumforderungen differenziert werden [41]: Zysten und flüssigkeitsgefüllte Anteile zeigen im Gegensatz zu soliden Strukturen keine Kontrastmittelaufnahme. Die MRT-Akquise sollte jedoch zeitnah nach Kontrastmittelgabe erfolgen, da mit zunehmender Zeit Kontrastmittel durch Diffusion ins Zysteninnere gelangt [42]. Zeigt sich eine T2w-hyperintense Raumforderung mit einer dünnen, glatten, Kontrastmittelaufnehmenden Randbegrenzung, handelt es sich um eine klassische Zyste. Gibt es einen periartikulären Bezug, ist ein Ganglion sehr wahrscheinlich. Andernfalls sollte differenzialdiagnostisch an posttraumatische Zysten, Serome, epidermoide Einschlusszysten, Lymphozelen und Lymphangiome gedacht werden. Ist die Randbegrenzung jedoch sehr kräftig ausgeprägt mit starker Kontrastmittelaufnahme und irregulärer Begrenzung, so müssen infektiös-entzündliche Geschehen wie ein entzündetes Ganglion, ein infiziertes Hämatom/Abszess oder eine Tumornekrose bedacht werden [43 – 46] (► **Abb. 9**). Weist nicht nur die Randbegrenzung, sondern die gesamte Läsion ein kräftiges, homo- oder heterogenes Enhancement auf, sollten differenzialdiagnostisch Weichteiltumoren wie ein Myxom, ein myxoides Sarkom, ein Synovialsarkom oder ein peripherer Nervenscheidentumor erwogen werden [39, 47 – 49]. Eigenschaften zystischer Läsionen, die für ein malignes Krankheitsgeschehen sprechen, sind ein Maximaldurchmesser von mehr als 10 cm und ein heterogenes Signalverhalten in den T1-gewichteten MRT-Bildern [39].

Kontrastmittelaufnahme/weitere bildmorphologische Eigenschaften

Die Datenlage zeigt, dass alle größeren (> 3 cm) und alle subfaszialen soliden Weichteiltumoren MRT-Untersuchungen mit Kontrastmittelgabe erfordern, da dadurch die diagnostische Aussagekraft am höchsten ist [50]. Die Kontrastmittelgabe hilft, zystische von soliden Anteilen zu unterscheiden und Tumorknoten innerhalb zystischer Läsionen zu detektieren. Des Weiteren gibt das Ausmaß der Kontrastmittelaufnahme Aufschluss über den Grad der Vaskularisierung der Läsion und sollte insbesondere in der prä-



► **Abb. 9** Serom versus Tumornekrose. **a, b** 63-jähriger Mann mit Z. n. Resektion eines Liposarkoms mit postoperativem Serom links gluteal. In der koronaren TIRM flüssigkeitsäquivalente ovaläre Läsion (**a**, Pfeil). In der T1-TSE axial nach Kontrastmittelgabe Enhancement der glatt konturierten, dünnwandigen Randbegrenzung (**b**, Pfeil). **c, d** 69-jährige Patientin mit zentral nekrotischem Fibrosarkom in der Adduktorenloge. In der koronaren TIRM inhomogenes Signalverhalten mit Nekrosen (**c**, Pfeil). In der T1-TSE nach Kontrastmittelgabe teils kräftiges Enhancement neben zystischeinschmelzenden Anteilen (**d**, Pfeil).

operativen Planung Erwähnung finden. Besonders der Einsatz der dynamischen MRT kann dem Chirurgen die Lokalisation vitalen Tumorgewebes und damit die bestmögliche Biopsie-Stelle anzeigen. Maligne Tumoren tendieren zwar zu stärkerem Enhancement, jedoch wird in der Literatur nach wie vor kontrovers diskutiert, inwiefern durch die Kontrastmittel-gestützte MRT gutartige von bösartigen Krankheitsbildern unterschieden werden können. Vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Differenzierung von benignen und malignen Weichteiltumoren zeigt die dynamische MRT [18, 41, 51, 52]. Neuere Techniken wie die MR-Spektroskopie und die diffusionsgewichtete Bildgebung zeigen vielversprechende Ansätze bezüglich Evaluation unklarer Weichteiltumoren und hinsichtlich der Beurteilung des Therapieansprechens, sind jedoch noch nicht Bestandteil klinischer Routine [53–55]. Es wäre vorteilhaft, könnte man mit Verfahren der nichtinvasiven Bildgebung Sarkome genauer charakterisieren. Man weiß mittlerweile, dass die Genexpression innerhalb eines Tumors durch klonale Subpopulationen meist inhomogen ist. Diese sogenannte Tumorheterogenität beeinflusst das Therapieansprechen und die Prognose [56]. Der Ansatz, Bilddaten mittels quantifizierbarer Bildmerkmale systematisch zu analysieren, birgt die Möglichkeit einer personalisierten Medizin mit dem Vorteil einer fehlenden Invasivität ohne Risiko eines „Biopsie-Fehlers“. Die Studie von Lisson et al. konnte beispielsweise zeigen, dass die

MRT-gestützte 3D-Texturanalyse Enchondrome von niedrig-gradigen Chondrosarkomen unterscheiden kann [57]. Der Einsatz der bildgestützten Texturanalyse ist jedoch derzeit Bestandteil von Studien und kommt noch nicht in der klinischen Routine zum Einsatz. Daher besteht zusätzlich Bedarf an neuen, funktionell orientierten Bildgebungsstrategien zur optimalen Therapieplanung und zur Beurteilung des Therapieansprechens.

Fazit

Weichteiltumoren begegnen Radiologen häufig im klinischen Alltag und die Vielzahl benigner und maligner Entitäten birgt die Notwendigkeit, einen systematischen Diagnosealgorithmus zu entwickeln. Im Rahmen der Bildgebung stellt dabei die MRT den zentralen Baustein dar und ermöglicht durch eine strukturierte Herangehensweise eine weitere Eingrenzung möglicher Differenzialdiagnosen. Zumindest eine Trennung in benigne und unklare Läsionen erscheint meist möglich, wodurch die Zahl invasiver Abklärungen mittels Biopsie und strahlenbelastender CT zumindest deutlich reduziert werden kann. Eine solche ist jedoch in Fällen mit verbliebener Restunsicherheit der Benignität weiterhin unumgänglich.

Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Breitenseher M. Bildgebende Diagnostik und Therapie der Weichteiltumoren: mit pathologischer Klassifikation, Nuklearmedizin, interventioneller Therapie; 21 Tabellen. Thieme. 2008
- [2] Bannasch H, Eisenhardt SU, Grosu AL et al. The diagnosis and treatment of soft tissue sarcomas of the limbs. Deutsches Arzteblatt international 2011; 108: 32–38
- [3] Murphey MD, Carroll JF, Flemming DJ et al. From the archives of the AFIP: benign musculoskeletal lipomatous lesions. Radiographics 2004; 24: 1433–1466
- [4] Kransdorf MJ, Bancroft LW, Peterson JJ et al. Imaging of fatty tumors: distinction of lipoma and well-differentiated liposarcoma. Radiology 2002; 224: 99–104
- [5] Bancroft LW, Kransdorf MJ, Peterson JJ et al. Benign fatty tumors: classification, clinical course, imaging appearance, and treatment. Skeletal radiology 2006; 35: 719–733
- [6] Goldblum JR, Weiss SW, Folpe AL. Enzinger and Weiss's Soft Tissue Tumors E-Book; Elsevier Health Sciences; 2013
- [7] Jelinek JS, Kransdorf MJ, Shmookler BM et al. Liposarcoma of the extremities: MR and CT findings in the histologic subtypes. Radiology 1993; 186: 455–459
- [8] Zhang H, Erickson-Johnson M, Wang X et al. Molecular testing for lipomatous tumors: critical analysis and test recommendations based on the analysis of 405 extremity-based tumors. Am J Surg Pathol 2010; 34: 1304–1311
- [9] Wang XL, De Schepper AM, Vanhoenacker F et al. Nodular fasciitis: correlation of MRI findings and histopathology. Skeletal radiology 2002; 31: 155–161
- [10] Fletcher CDM, Unni KK, Mertens F et al. Pathology and Genetics of Tumours of Soft Tissue and Bone. IARC Press. 2002

- [11] Crundwell N, O'Donnell P, Saifuddin A. Non-neoplastic conditions presenting as soft-tissue tumours. *Clinical radiology* 2007; 62: 18–27
- [12] Parikh J, Hyare H, Saifuddin A. The imaging features of post-traumatic myositis ossificans, with emphasis on MRI. *Clinical radiology* 2002; 57: 1058–1066
- [13] Kransdorf MJ, Meis JM. From the archives of the AFIP. Extraskeletal osseous and cartilaginous tumors of the extremities. *Radiographics* 1993; 13: 853–884
- [14] Jackson DW. Managing Myositis Ossificans in the Young Athlete. *Physician and Sportsmedicine* 1975; 3: 56–61
- [15] Berlien H, Poetke M, Philipp C et al. Phakomatosen. In: Oldhafer M, Hrsg *Transitionsmedizin*. Stuttgart: Schattauer; 2015: 169–180
- [16] International Society for the Study of Vascular Anomalies. ISSVA classification for vascular anomalies (Approved at the 20th ISSVA Workshop, Melbourne, April 2014, last revision May 2018). Available via <http://www.issva.org/UserFiles/file/ISSVA-Classification-2018.pdf>. Accessed 7 Jul 2018
- [17] Berlien H, Urban P, Poetke M et al. Klassifikation der Vaskulären Malformationen. *Phlebologie* 2016; 45: 295–303
- [18] Kransdorf MJ, Murphey MD. *Imaging of Soft Tissue Tumors*; Lippincott Williams & Wilkins; 2006
- [19] Vilanova JC, Barcelo J, Smirniotopoulos JG et al. Hemangioma from head to toe: MR imaging with pathologic correlation. *Radiographics* 2004; 24: 367–385
- [20] Murphey MD, Fairbairn KJ, Parman LM et al. From the archives of the AFIP. Musculoskeletal angiomatous lesions: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 1995; 15: 893–917
- [21] Papp DF, Khanna AJ, McCarthy EF et al. Magnetic resonance imaging of soft-tissue tumors: determinate and indeterminate lesions. *The Journal of bone and joint surgery American volume* 2007; 89 (Suppl. 3): 103–115
- [22] Myers BW, Masi AT. Pigmented villonodular synovitis and tenosynovitis: a clinical epidemiologic study of 166 cases and literature review. *Medicine (Baltimore)* 1980; 59: 223–238
- [23] Dorwart RH, Genant HK, Johnston WH et al. Pigmented villonodular synovitis of synovial joints: clinical, pathologic, and radiologic features. *Am J Roentgenol* 1984; 143: 877–885
- [24] Al-Nakshabandi NA, Ryan AG, Choudur H et al. Pigmented villonodular synovitis. *Clinical radiology* 2004; 59: 414–420
- [25] Cotten A, Flipo RM, Chastanet P et al. Pigmented villonodular synovitis of the hip: review of radiographic features in 58 patients. *Skeletal radiology* 1995; 24: 1–6
- [26] Llauger J, Palmer J, Roson N et al. Pigmented villonodular synovitis and giant cell tumors of the tendon sheath: radiologic and pathologic features. *Am J Roentgenol* 1999; 172: 1087–1091
- [27] Karasick D, Karasick S. Giant cell tumor of tendon sheath: spectrum of radiologic findings. *Skeletal radiology* 1992; 21: 219–224
- [28] De Beuckeleer L, De Schepper A, De Belder F et al. Magnetic resonance imaging of localized giant cell tumour of the tendon sheath (MRI of localized GCTTS). *Eur Radiol* 1997; 7: 198–201
- [29] Murphey MD, Rhee JH, Lewis RB et al. Pigmented villonodular synovitis: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2008; 28: 1493–1518
- [30] Kransdorf MJ. Benign soft-tissue tumors in a large referral population: distribution of specific diagnoses by age, sex, and location. *Am J Roentgenol* 1995; 164: 395–402
- [31] Banks KP. The target sign: extremity. *Radiology* 2005; 234: 899–900
- [32] Murphey MD, Smith WS, Smith SE et al. From the archives of the AFIP. Imaging of musculoskeletal neurogenic tumors: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 1999; 19: 1253–1280
- [33] Kalayanarooj S. Benign and malignant soft tissue mass: magnetic resonance imaging criteria for discrimination. *J Med Assoc Thai* 2008; 91: 74–81
- [34] Enochs WS, Hyslop WB, Bennett HF et al. Sources of the increased longitudinal relaxation rates observed in melanotic melanoma. An in vitro study of synthetic melanins. *Invest Radiol* 1989; 24: 794–804
- [35] White LM, Schweitzer ME, Khalili K et al. MR imaging of primary lymphoma of bone: variability of T2-weighted signal intensity. *Am J Roentgenol* 1998; 170: 1243–1247
- [36] Sundaram M, McGuire MH, Schajowicz F. Soft-tissue masses: histologic basis for decreased signal (short T2) on T2-weighted MR images. *Am J Roentgenol* 1987; 148: 1247–1250
- [37] Dinauer PA, Brixey CJ, Moncur JT et al. Pathologic and MR imaging features of benign fibrous soft-tissue tumors in adults. *Radiographics* 2007; 27: 173–187
- [38] Martinez S, Vogler JB 3rd, Harrelson JM et al. Imaging of tumoral calcinosis: new observations. *Radiology* 1990; 174: 215–222
- [39] Harish S, Lee JC, Ahmad M et al. Soft tissue masses with “cyst-like” appearance on MR imaging: Distinction of benign and malignant lesions. *Eur Radiol* 2006; 16: 2652–2660
- [40] Stiskal MA, Neuhold A, Szolar DH et al. Rheumatoid arthritis of the craniocervical region by MR imaging: detection and characterization. *Am J Roentgenol* 1995; 165: 585–592
- [41] Kransdorf MJ, Murphey MD. Radiologic evaluation of soft-tissue masses: a current perspective. *Am J Roentgenol* 2000; 175: 575–587
- [42] Ma LD, McCarthy EF, Bluemke DA et al. Differentiation of benign from malignant musculoskeletal lesions using MR imaging: pitfalls in MR evaluation of lesions with a cystic appearance. *Am J Roentgenol* 1998; 170: 1251–1258
- [43] Frassica FJ, Khanna JA, McCarthy EF. The role of MR imaging in soft tissue tumor evaluation: perspective of the orthopedic oncologist and musculoskeletal pathologist. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2000; 8: 915–927
- [44] Ma LD, Frassica FJ, Scott WW Jr et al. Differentiation of benign and malignant musculoskeletal tumors: potential pitfalls with MR imaging. *Radiographics* 1995; 15: 349–366
- [45] Sundaram M, Sharafuddin MJ. MR imaging of benign soft-tissue masses. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 1995; 3: 609–627
- [46] Jelinek J, Kransdorf MJ. MR imaging of soft-tissue masses. Mass-like lesions that simulate neoplasms. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America* 1995; 3: 727–741
- [47] Beggs I. Pictorial review: imaging of peripheral nerve tumours. *Clinical radiology* 1997; 52: 8–17
- [48] Blacksin MF, Siegel JR, Benevenia J et al. Synovial sarcoma: frequency of nonaggressive MR characteristics. *J Comput Assist Tomogr* 1997; 21: 785–789
- [49] Tateishi U, Hasegawa T, Beppu Y et al. Prognostic significance of MRI findings in patients with myxoid-round cell liposarcoma. *Am J Roentgenol* 2004; 182: 725–731
- [50] Misra A, Mistry N, Grimer R et al. The management of soft tissue sarcoma. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009; 62: 161–174
- [51] Verstraete KL, De Deene Y, Roels H et al. Benign and malignant musculoskeletal lesions: dynamic contrast-enhanced MR imaging—parametric “first-pass” images depict tissue vascularization and perfusion. *Radiology* 1994; 192: 835–843
- [52] van der Woude HJ, Verstraete KL, Hogendoorn PC et al. Musculoskeletal tumors: does fast dynamic contrast-enhanced subtraction MR imaging contribute to the characterization? *Radiology* 1998; 208: 821–828
- [53] Kettelhack C, Wickede M, Vogl T et al. 31Phosphorus-magnetic resonance spectroscopy to assess histologic tumor response noninvasively after isolated limb perfusion for soft tissue tumors. *Cancer* 2002; 94: 1557–1564
- [54] Einarsdottir H, Karlsson M, Wejde J et al. Diffusion-weighted MRI of soft tissue tumours. *Eur Radiol* 2004; 14: 959–963

- [55] Dudeck O, Zeile M, Pink D et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging allows monitoring of anticancer treatment effects in patients with soft-tissue sarcomas. *J Magn Reson Imaging* 2008; 27: 1109–1113
- [56] Burrell RA, McGranahan N, Bartek J et al. The causes and consequences of genetic heterogeneity in cancer evolution. *Nature* 2013; 501: 338–345
- [57] Lisson CS, Lisson CG, Flosdorf K et al. Diagnostic value of MRI-based 3D texture analysis for tissue characterisation and discrimination of low-grade chondrosarcoma from enchondroma: a pilot study. *Eur Radiol* 2018; 28: 468–477