

Ultraschalluntersuchungen in der Kinderrheumatologie

Teil 3: Die Hand

Autoren

Johannes Roth¹, Daniel Windschall^{2,3}

Institute

- 1 Pädiatrische Rheumatologie und Zentrum für seltene Erkrankungen, Kinderspital Zentralschweiz, Luzern, Schweiz
- 2 Klinik für Kinder- und Jugendrheumatologie, Rheumatologisches Kompetenzzentrum Nordwestdeutschland, St. Josef-Stift Sendenhorst, Sendenhorst
- 3 Medizinische Fakultät, Universität Halle-Wittenberg

Schlüsselwörter

Kinderrheumatologie, Ultraschall, Handgelenk

Bibliografie

arthritis + rheuma 2024; 44: 125–132

DOI 10.1055/a-2270-6352

ISSN 0176-5167

© 2024, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,

70469 Stuttgart, Germany

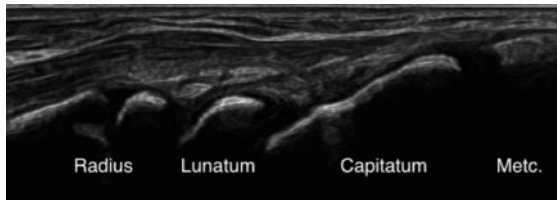
ZUSAMMENFASSUNG

Das kindliche Handgelenk und die Fingergelenke zeigen eine hohe anatomische Komplexität mit der Möglichkeit einer Pathologie im Bereich zahlreicher synovialer Rezessus, aber auch der verschiedenen Sehnenscheiden, des Paratenons und vieler verschiedener Enthesen, insbesondere im Bereich der Finger. Die Sicherheit und Genauigkeit bei der Diagnosestellung einer rheumatischen Entzündung profitiert deshalb wesentlich vom Ultraschall in Ergänzung zum klinischen Befund. Mehrere Studien der letzten Jahre konnten für diese Region die Überlegenheit des Ultraschalls versus klinischer Untersuchung nachweisen. Mit zunehmendem Einsatz des Gelenk ultraschalls verbessern sich die diagnostischen Möglichkeiten bei der Diagnosestellung, Abgrenzung und im Verlaufsmoitoring kindlich rheumatischer Erkrankungen. Wichtige Differenzialdiagnosen können sonografisch ausgeschlossen oder bestätigt werden. Zunehmende Standards helfen bei der praktischen Durchführung, Beurteilung und Quantifizierung des pathologischen Befundes.

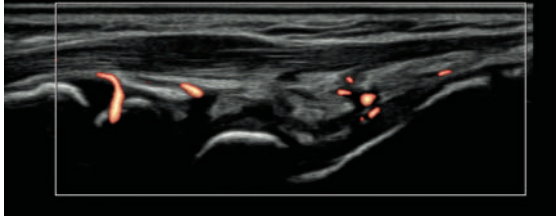
Das Handgelenk und die Finger bestehen aus vielen Einzelgelenken, aber auch die Sehnenscheiden, das Paratenon der Strecksehnen der Finger sowie die zahlreichen Enthesen der Sehnen und Ligamente stellen potenzielle Zielstrukturen der Entzündung im Rahmen der juvenilen idiopathischen Arthritis (JIA) und anderer rheumatologischer Erkrankungen wie Kollagenosen dar [1]. Bildgebende Verfahren haben in den letzten Jahren vermehrt deutlich gemacht, wie variabel zum Beispiel die Pathologien sein können, die sich hinter einer Daktylitis verbergen. Ultraschalluntersuchungen sind insbesondere im Bereich der Hand anderen bildgebenden Verfahren wie der Magnetresonanztomografie überlegen, weil die Auflösung höher ist, was bei den oft sehr kleinen Strukturen wie z. B. den Ringbändern an den Fingern relevant ist. Außerdem kann eine dynamische Untersuchung, z. B. bei Beugung der Finger während der Untersuchung, das anatomisch-pathologische Korrelat eines Streckdefizits oder eines Triggerfingers besser illustrieren als die statische Untersuchung. Die Ultraschalluntersuchung kann damit am „Point of Care“ die klinische Beurteilung verbessern, eine detaillierte Diagnose auch komplexer Strukturen in Echtzeit liefern und ggf. Interventionen wie die Injektion einer Sehnenscheide sehr präzise leiten [1].

Positionierung des Patienten und Standardschnitte

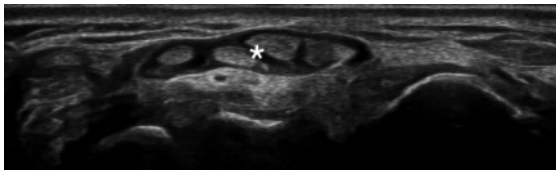
Für Erwachsene sind Standardschnitte publiziert [2]. Die pädiatrische Standardisierung hat allerdings erst in jüngerer Zeit begonnen und es sind mittlerweile Standardschnitte für das Handgelenk und die Finger einschließlich eines Scoring-Systems pathologischer Befunde publiziert [3–8]. Es ist wichtig zu beachten, dass diese Standardschnitte nicht als statische Positionen gedacht sind. Stattdessen stellen sie einen Ausgangspunkt für die Untersuchung dar und es ist wichtig, den Schallkopf über den gesamten Gelenkbereich zu führen und auch das Gelenk selbst zu bewegen. Gerade im Handgelenk kann sich eine Synovitis, insbesondere im chronischen Stadium, auch bei signifikanten Befunden eher in einem bestimmten Bereich des Gelenks manifestieren. Durch die kontinuierliche Untersuchung, bei der der Schallkopf ohne zwischenzeitliches Anheben über das Gelenk geführt wird, können pathologische Befunde nicht verpasst werden. Außerdem wird eine Tomografie des Gelenks durchgeführt, d. h. es werden viele einzelne Bilder aneinandergereiht und der Nachteil dieser eigentlich 2-dimensionalen Untersuchungsmethode wird kompensiert.



► **Abb. 1** Längsschnitt des Handgelenks in Mittellinie mit knöchernen Leitstrukturen. Oberhalb eine Strecksehne mit Extensorretinakulum, das nicht als Erweiterung der Sehnenscheide fehlinterpretiert werden sollte. Die Unterbrechung am Radius ist die Wachstumsfuge.



► **Abb. 2** Längsschnitt des Handgelenks in Mittellinie mit physiologischem Dopplerfluss intraartikulär aber extra-synovial und auch z. B. im Bereich der distalen Epiphysenfuge des Radius mit nutritivem Gefäß.



► **Abb. 3** Transversalschnitt des 4. Extensorensehnenkompartiments mit verschiedenen Sehnen (*), die von einem in dieser Ansicht anechogenen Retinakulum umgeben sind, das nicht als Sehnenscheidenerweiterung fehlinterpretiert werden darf.

Das Handgelenk und die Finger können sehr gut untersucht werden, indem der Untersucher dem Patienten gegenüber sitzt und die Hände z. B. auf einem kleinen Tisch oder der Liege zwischen Untersucher und Patient liegen. Der Bildschirm des Ultraschallgeräts kann zwischen beiden positioniert sein und so können die Strukturen und mögliche Befunde dem Patienten bzw. den Eltern sehr gut präsentiert und erklärt werden. Insbesondere jüngere Kinder können auch auf dem Schoß der Eltern sitzen. Während des Untersuchungsgangs ist eine Anpassung der Hand- oder Fingerposition nötig, nicht zuletzt auch, um sowohl von dorsal als auch palmar untersuchen zu können. Bei der Untersuchung von dorsal kann der Beugungsgrad des Handgelenks und der Finger variiert werden. Initial kann etwas stärker gebeugt werden, um die knöchernen Leitstrukturen besser sichtbar zu machen und im weiteren Verlauf kann das Gelenk in eine Neutral- oder leichte Extensionsstellung gebracht werden, um eine eventuelle Erweiterung des synovialen Rezessus besser sichtbar zu machen.

Die folgenden Standardschnitte werden jeweils im B-Mode und Doppler-Mode durchgeführt [9], für eine schematische Darstellung der Sonoanatomie sowie von Ultraschallbildern aller Strukturen und des Ossifikationsfortschritts je nach Lebensalter finden sich entsprechende Abbildungen im kostenlosen Ped-MUS Ultraschallbuch unter www.ped-mus.com:

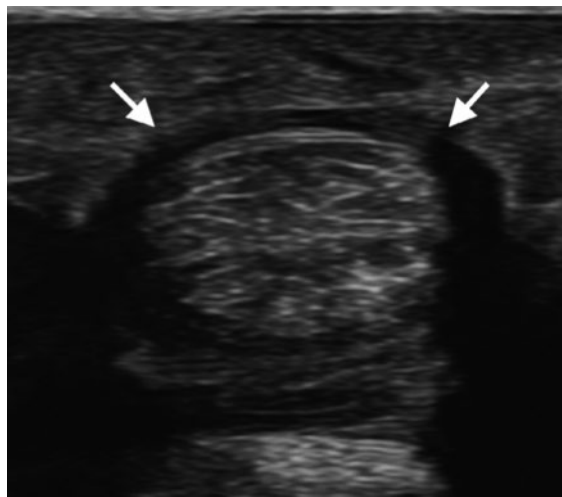
1. Dorsaler Längs- und bei Pathologie auch Querschnitt in der Mittellinie in der Verlängerung des 3. Fingers (► **Abb. 1**, ► **Abb. 2**): Dieser Schnitt untersucht das Radiokarpal-, Mittkarpal- und Karpometakarpalgelenk. Außerdem ist eine eventuelle Erweiterung der Sehnenscheiden des 4. Extensorenkompartiments sichtbar. Die knöchernen Leitstrukturen sind von proximal nach distal zunächst der distale Radius, dann das Os lunatum, Os capitatum sowie das proximale Os metacarpale (► **Abb. 1**). Es ist wichtig, den Schallkopf soweit distal zu positionieren, dass diese Strukturen auch tatsächlich sichtbar sind, weil nur so die 3 genannten synovialen Kompartimente erfasst werden. Wichtig ist das Erkennen des physiologischen Blutflusses, der sich in allen Gelenkbereichen außerhalb einer möglichen Erweiterung der synovialen Rezessi des Gelenks oder der Sehnenscheiden manifestieren kann. Insbesondere die Physis, aber auch die Karpalknochen werden oft von deutlich sichtbaren nutritiven Gefäßen versorgt (► **Abb. 2**).
2. Dorsaler Längsschnitt radial, Verlängerung des 2. Fingers: Hier sind die knöchernen Leitstrukturen neben dem distalen Radius proximal und dem Os metacarpale 2 distal das Os scaphoideum und Os trapezoideum.
3. Dorsaler Längsschnitt ulnar, Verlängerung des 4. Fingers: Hier ist proximal nun die Ulna zu sehen, trotzdem handelt es sich proximal um das Radiokarpalgelenk, weil sich der synoviale Rezessus von radial in den ulnaren Bereich erstreckt und die Ulna selbst durch den triangulären Faserknorpelkomplex vom synovialen Anteil des Gelenks getrennt ist. Es folgt Richtung distal das Os triquetrum und dann das Os hamatum und schließlich das Os metacarpale.
4. Dorsaler Transversalschnitt distal: In diesem Schnitt wird das Radioulnargelenk dargestellt, auch hier kann sich isoliert eine Synovitis manifestieren. Wichtig ist, dass sich der synoviale Rezessus nach proximal ausdehnt und entsprechend muss der Schallkopf im Zweifel nach proximal verschoben werden.
5. Dorsaler Transversalschnitt auf Höhe des Tuberculum listeri (► **Abb. 3**): Dieser Schnitt dient der Darstellung der 6 Extensorensehnenkompartimente. Bei der Darstellung der Sehnen ist es wichtig, Anisotropie zu vermeiden und zu beachten, dass der myotendinöse Übergang sehr variabel sein kann. Außerdem werden die Sehnen von Retinacula umschlossen und auch diese können als Erweiterung der Sehnenscheide misinterpretiert werden (► **Abb. 3**). Bei manchen Menschen ist der myotendinöse Übergang recht distal gelegen, insbesondere für die Sehnen des 4. Ex-

tensorenkompartiments, und der die Sehne umgebende Muskel sollte nicht mit einer hypertrophen Synovialis verwechselt werden. Im Zweifel wird der Schallkopf nach proximal geschoben und man kann dann sehr schön sehen, wie sich die Struktur, die die Sehne umschließt, im Falle des Muskels immer mehr erweitert und die typische Binnenstruktur eines Muskels im Ultraschall sichtbar wird. Pathologien der Sehnenscheiden müssen immer in der 2. Ebene, hier also dem Längsschnitt, bestätigt werden. Selbstverständlich muss der Schallkopf auch nach distal geschoben werden, um Erweiterungen der Sehnenscheiden im Handgelenksbereich zu erfassen.

6. Palmarer Transversalschnitt: Bei diesem Schnitt sind die knöchernen Leitstrukturen am Eingang des Karpaltunnels das Os scaphoideum und das Os pisiforme. Beim jüngeren Kind sind diese noch knorpelig und damit anechogen. Dann kann insbesondere die deutlich sichtbare Sehne des Musculus flexor carpi radialis bei der Orientierung helfen. Der Karpaltunnel und der Canal de Guyon kommen zur Darstellung einschließlich des N. medianus und N. ulnaris. Die Kippung des Schallkopfes muss ggf. geändert werden, um eine Anisotropie auszugleichen.
7. Dorsaler Longitudinalschnitt Finger MCP-, PIP- und DIP-Gelenk (► **Abb. 4**): Dieser Schnitt dient der Darstellung der synovialen Rezessus bzw. Gelenke sowie der Enthesen der Strecksehnen und einer Paratenonitis der Strecksehne, die ja keine Sehnenscheide, sondern ein Paratenon besitzt [10]. Dieses ist eine elastische Hülle aus Kollagen I und III sowie dazwischen Synoviazellen. Der Recessus synovialis erstreckt sich nach proximal und deswegen sollte der Schallkopf zu $\frac{2}{3}$ proximal und $\frac{1}{3}$ distal vom Gelenkspalt positioniert werden (► **Abb. 4**).
8. Dorsaler Transversalschnitt Finger MCP-, PIP- und DIP-Gelenk: Dieser Schnitt dient der Bestätigung von Pathologie aus dem Längsschnitt, ist aber auch ein sehr zeiteffektiver Weg, mit dem Schallkopf den Finger entlang zu fahren und Pathologie zu erfassen. Schließlich ist es so, dass sich eine Erweiterung des synovialen Rezessus durch die Kompression der Strecksehnen gerne nach ulnar oder radial ausdehnt und damit im Querschnitt sicherer erfasst werden. Die Dorsalaponeurose und das sagittale Band sind ebenfalls sichtbar und Verletzungen an ihr können dargestellt werden.
9. Palmarer Longitudinalschnitt Finger MCP-, PIP- und DIP-Gelenk: Hier werden die entsprechenden Gelenke, aber auch die Beugesehnen mit ihrer Sehnenscheide sowie die Ringbänder dargestellt.
10. Palmarer Transversalschnitt Finger MCP-, PIP- und DIP-Gelenk (► **Abb. 5**): Er dient zur Bestätigung von Pathologie und wiederum zur zeiteffektiven Suche nach Pathologie, wenn man mit dem Schallkopf analog der Untersuchung dorsal den Finger entlang fährt. Auch die Ringbänder lassen sich hier relativ einfach und schön darstellen.



► **Abb. 4** Metakarpophalangealgelenk im Längsschnitt: Oberhalb des Gelenks sind Gelenkkapsel und die Strecksehne fibrillär sichtbar. Die Unterbrechungen der Knochen entsprechen Wachstumsfugen. Die Knorpeloberfläche zeigt sich als dünne weiße Linie.



► **Abb. 5** Ringband im Transversalschnitt (Pfeile), teilweise mit fibrillärer Struktur, im Randbereich als Artefakt anechogen.

11. Radialer und ulnarer Längsschnitt auf Höhe des PIP-Gelenks: Hier können Pathologien am Knochen sowie die Kollateralbänder mit ihren Enthesen dargestellt werden.

Sonoanatomie/Ossifikation beim Gesunden

Aus bildgebender Sicht ist zu beachten, dass je nach Alter des Kindes ein erheblicher Teil des späteren Knochens noch aus hyalinem Knorpel besteht und daher hypo- oder echofrei erscheint [11, 12]. Die Ossifikation des distalen Radius beginnt früh im Alter von 1–2 Jahren, die distale Ulna verknöchert hingegen viel später im Alter von 11–12 Jahren [11, 12]. Im Bereich des Karpus startet die Ossifikation im 1. Lebensjahr mit dem Os capitatum und setzt sich dann ungefähr jedes Jahr um einen weiteren Knochen entgegen dem Uhrzeigersinn fort, als nächstes kommt also das Os hamatum etc. Als letztes verknöchert das Os pisiforme. Wichtig ist auch der Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Ossifikation, die bei Mädchen etwas früher stattfindet als bei Jungen. Entsprechend kann das Os lunatum bei einem 5-jährigen Mädchen schon eine

deutliche Ossifikation zeigen, während es bei einem 5-jährigen Jungen noch relativ stark aus Knorpel besteht. Dickenmessungen des Knorpels des distalen Radius sowie der Karpalknochen sind, wie auch weiter unten beschrieben, angesichts der unregelmäßigen Kontur der Ossifikationszentren äußerst variabel und fehlerbehaftet und deswegen im Kindesalter nicht empfohlen. In Studien wurde entsprechend ein hoher Variationskoeffizient zwischen unterschiedlichen Untersuchenden bei den Knorpeldickenmessungen an der Hand gefunden, der eine zuverlässige Messung praktisch unmöglich macht [7].

Die Finger zeigen ein den Zehen sehr ähnliches Ossifikationsmuster. Die Diaphyse ist bei der Geburt vollständig verknöchert, wobei Metaphyse und Epiphyse aus hyalinem Knorpel bestehen. Ein distales epiphysäres Ossifikationszentrum in den Fingerknochen verbindet sich bereits kurz nach der Geburt mit der Diaphyse und es kann lediglich manchmal eine knorpelige Brücke im Sinne einer Pseudoepiphyse bestehen bleiben. Proximal entwickeln sich ebenfalls sekundäre Ossifikationszentren innerhalb der Epiphyse, die vollständige Ossifikation dauert hier länger und die Unterbrechung des Knochens im Bereich der Physis ist länger sichtbar. Im Gegensatz dazu liegt das sekundäre Ossifikationszentrum der Metakarpalknochen in der distalen Epiphyse, mit Ausnahme des 1. Metakarpalknochens, bei dem es in der proximalen Epiphyse zu finden ist [11, 12].

Sesambeine, die sich typischerweise zwischen Sehnen und dem darunterliegenden Knochen befinden, sind bei kleineren Kindern echofrei, da die Ossifikation noch nicht begonnen hat.

Entzündliche Gelenkerkrankungen an Handgelenk und Fingern

Das Handgelenk und die Fingergelenke sind beteiligt bei einer Vielzahl von rheumatischen Erkrankungen wie zum Beispiel der juvenilen idiopathischen Arthritis (JIA) mit einer Synovialitis, Sehnenscheidenentzündung, Enthesitis oder auch kortikalen Erosionen. Die meisten dieser pathologischen Befunde können mit ihrer oberflächlichen Lokalisation durch den hochfrequenten Ultraschall mit hochauflösenden Bildern von Weichteilstrukturen und knöchernen Oberflächen sicher detektiert und differenziert werden [9].

Eine Finger- oder Handgelenkbeteiligung ist auch bei der Unterform einer Oligoarthritis möglich. Bei den polyartikulären JIA-Kategorien zeigt sich fast immer eine Beteiligung von Hand- und Fingergelenken. Für die Kategorie der Psoriasisarthritis ist die Fingermanifestation einer Daktylitis typisch. Enthesitiden sind ebenfalls bei der Psoriasisarthritis und Enthesitis-assoziierten Arthritis an Fingergelenken zu finden [13].

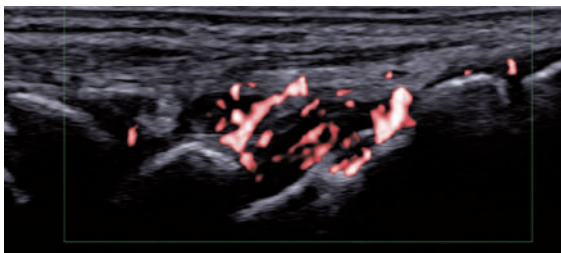
Bei allen longitudinalen Standardebenen des Handgelenks sollte der proximale Teil des Handgelenks auf der linken

Seite der Bilder dargestellt sein. Zu den Handgelenken gehören das distale Radioulnargelenk, das Radiokarpalgelenk, der ulnokarpale Komplex (wobei der synoviale Anteil zum Radiokarpalgelenk gehört), die Mittkarpalgelenke und die Gelenke der Karpalknochen mit den proximalen Mittelhandknochen. Zu den Fingergelenken gehören die Metakarpophalangealgelenke (MCP), die proximalen Interphalangealgelenke (PIP) und die distalen Interphalangealgelenke (DIP).

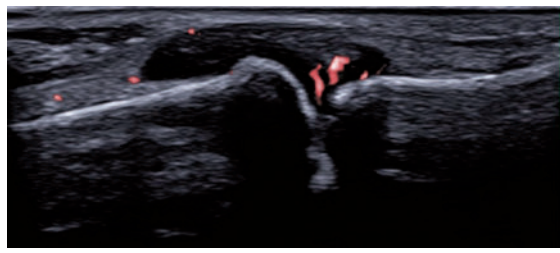
Bei einer JIA ist eine frühzeitige, spezialisierte Behandlung eine notwendige Voraussetzung für ein gutes Langzeitergebnis. Nicht immer kann die Diagnose klinisch gestellt werden und das Ausmaß der Erkrankung ausreichend durch die physikalische Untersuchung abgeklärt werden. Bei Kindern und Jugendlichen mit unklaren klinischen Befunden ermöglicht der Ultraschall eine differenzierte Betrachtung der Gelenk-, Sehnen-, und anderer Weichteilstrukturen. Auch die Knochen- und Knorpeloberfläche kann sehr gut beurteilt werden. Die Ultraschall Task Force der OMERACT-Gruppe (Outcome Measures in Rheumatology and Clinical Trials) hat auch für Kinder und Jugendliche Definitionen der Gelenkentzündung im Ultraschall erarbeitet [14]. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die Differenzierung von physiologischen und pathologischen Befunden am Gelenk. So stellt zum Beispiel die intrasynoviale Vaskularisation ein wichtiges Unterscheidungskriterium dar [14]. Das stoffwechsell intensive kindliche Gelenk zeigt in der Sonografie häufig einen physiologischen intra- und periartikulären Blutfluss, der nicht als Synovialitis fehlinterpretiert werden sollte. Lediglich Blutgefäße, die sich eindeutig innerhalb der synovialen Hypertrophie zeigen, sollten für die Diagnose und Entzündungsaktivität in Betracht gezogen werden [15].

Neben den sonografischen Zeichen einer akuten Gelenkentzündung wie dem Erguss, der synovialen Hypertrophie oder der intrasynovialen Hypervaskularisation, können bei Kindern und Jugendlichen frühzeitig oberflächliche Knorpel- und Knochendestruktionen erfasst werden (► **Abb. 6**–► **Abb. 11**). Auch Wachstumsstörungen und insbesondere der bei Kindern mit juveniler idiopathischer Arthritis typischerweise auftretende Ossifikationsvorsprung kann sonografisch sehr gut nachgewiesen werden.

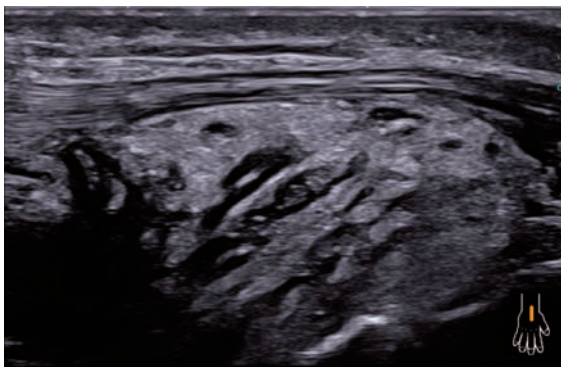
Entzündungen der Sehnen und Sehnenansätze sowie auch Sehnenscheidenentzündungen sind mittels Ultraschall oft besser darstellbar als im MRT [13]. So zeigen sich sonografische Zeichen einer inhomogenen Verdickung und Echogenitätsveränderung der Sehne oder des Sehnenansatzes, Exsudat in der Sehnenscheide (oder die Sehne umgebend im Falle von Sehnen ohne Sehnenscheide [► **Abb. 12**, ► **Abb. 13**]), Hypervaskularisation und begleitende Bursitiden. Auch sekundäre strukturelle Veränderungen wie (partielle) Sehnenrupturen sind exzellent darstellbar. Sehnenansatzentzündungen lassen sich typischerweise im Bereich der kleinen Muskelsehnenansätze an den Fingern nachweisen. Diese können sowohl bei Überbeanspruchung als auch im Rahmen kindlich rheumatischer Erkrankun-



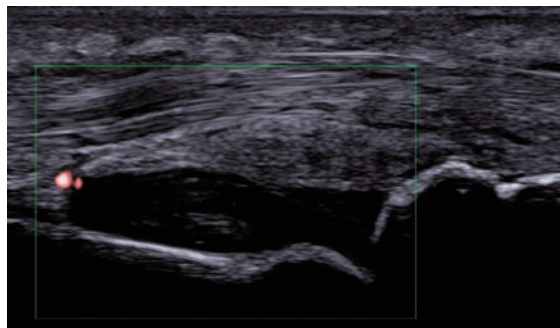
► **Abb. 6** Karpalarthritis mit Hypervaskularisation im Farbdoppler (SMI) bei seropositiver Polyarthritis.



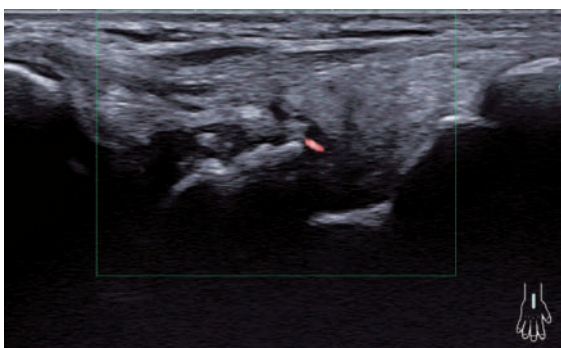
► **Abb. 10** Synovialitis mit intrasynovialer Hypervaskularisation im MCP I bei seropositiver Polyarthritis.



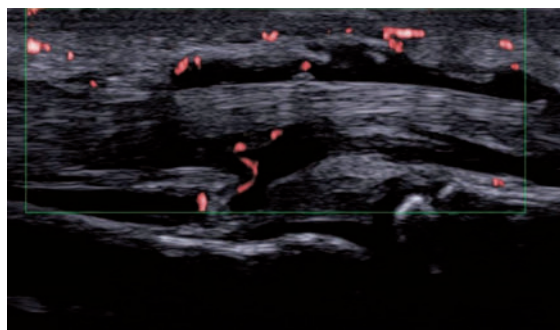
► **Abb. 7** Karpalarthritis mit deutlichem Pannusgewebe unter der Extensorsehne bei seronegativer Polyarthritis.



► **Abb. 11** Synovialitis mit Erguss im volaren Rezessus im MCP II bei seronegativer Polyarthritis.



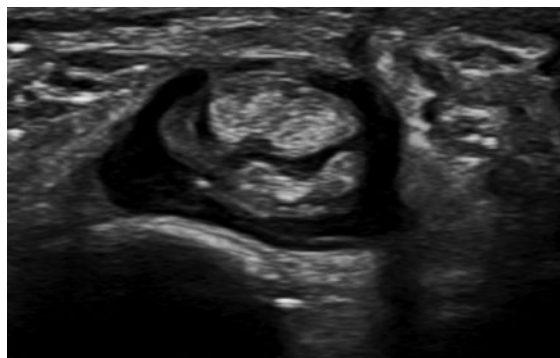
► **Abb. 8** Erosive Veränderungen am Os lunatum aufgrund einer chronischen Karpalarthritis bei seronegativer Polyarthritis.



► **Abb. 12** Flexotenosynovitis an Digitum II im Longitudinalschnitt.



► **Abb. 9** Synovialitis mit intrasynovialer Hypervaskularisation im MCP II bei seronegativer Polyarthritis.



► **Abb. 13** Flexotenosynovitis an Digitum II im Transversalschnitt.

gen wie zum Beispiel der JIA-Unterform der Enthesitis-assoziierten Arthritis (EAA) oder Psoriasisarthritis auftreten.

Sonografischer Nachweis der Synovialitis

Die Membrana synovialis ist normalerweise eine sonografisch nicht direkt sichtbare Struktur. Bei einer Verdickung bzw. Hypertrophie kann diese im Ultraschall jedoch abgrenzbar werden, typischerweise als hypoechogenes Gewebe. Pathologisch handelt es sich eigentlich um eine Synovialhyperplasie, aber in der Ultraschallliteratur hat sich der Begriff Synovialhypertrophie durchgesetzt. Gelegentlich kann die Hypertrophie sehr ausgeprägt sein, sodass die Differenzierung zu einem echogeneren Erguss oder echogenem Fettgewebe Schwierigkeiten bereiten kann. Im Unterschied zu einem Erguss ist die synoviale Hypertrophie durch Druck mit dem Schallkopf in der Regel nicht verschieblich. Ein sehr hilfreicher Aspekt der Ultraschalluntersuchung ist die Tatsache, dass das Gelenk während der Untersuchung bewegt werden kann. Durch die Bewegung lassen sich sowohl der bei kleineren Kindern reichlich vorhandene Knorpel vom Gelenkerguss als auch die Synovialhypertrophie von z. B. Fettgewebe differenzieren.

Mit hoch eingestellter Sensitivität (z. B. PRF 0,6–0,8 kHz) kann die hypertrophierte Synovialis mittels Farb- oder Powerdoppler durch eine entzündlich vermehrte Vaskularisation identifiziert werden. Allerdings lassen sich nicht in jeder Synovialisproliferation vermehrte Dopplersignale nachweisen. Grundsätzlich ist es sehr wichtig, den Bereich der Synovialisproliferation mit dem Schallkopf abzufahren, da Dopplerbefunde oft teilweise nur sehr lokal zu erfassen sind. Um eine Synovialitis im Ultraschall zu graduieren, sollten nur die Gefäße innerhalb der hypertrophierten Synovialis einbezogen werden, da auch außerhalb der Synovialis physiologische intraartikuläre Gefäße detektiert werden können. Nicht in jedem entzündeten Gelenk oder Standardschnitt lässt sich mittels der Gelenksonografie eine synoviale Hypertrophie nachweisen. Die Sensitivität ist im Allgemeinen sehr von der Schalltiefe abhängig und selbst bei verschiedenen Schnitten desselben Gelenks muss die Dopplerfrequenz angepasst werden. Im Handgelenk und an den Fingergelenken sind pathologische Befunde inklusive einer Hypervaskularisation in der Regel gut darstellbar. Der Schallkopf darf nicht stärker aufgedrückt werden, um eine Kompression von kleinen Gefäßen zu vermeiden.

Sonografischer Ergussnachweis

Bei Kindern und Jugendlichen zeigt sich in vielen Gelenkhöhlen physiologische Synovialflüssigkeit, die nicht als Entzündungszeichen fehlinterpretiert werden sollte. So kann man bei den meisten Kindern und Jugendlichen etwas physiologische echoarme Flüssigkeit zum Beispiel in den vollen Rezessus der Fingergelenke wie auch in den Karpalrezessus nachweisen.

Bei einer Gelenkentzündung kommt es in der Regel zu einer deutlich vermehrten Flüssigkeitsbildung, die sich meistens als echofreie oder echoarme und verschiebliche Sonostruktur nachweisen lässt. Zur Abgrenzung des ebenfalls echoarmen kindlichen Knorpelgewebes hilft die echoreiche Knorpelgrenzlinie, die durch den akustischen Impedanzsprung zwischen Knorpelgewebe und Synovialflüssigkeit zustande kommt. Auch die meist runde und glatte Oberfläche des Knorpels, die in vielen Gelenkregionen parallel zum Ossifikationszentrum verläuft, hilft bei der Differenzierung. Wie oben bereits ausgeführt kann auch die Bewegung des Gelenks während der Untersuchung äußerst hilfreich sein. Die Echogenität eines Ergusses kann sich bei Chronifizierung verändern und echoreicher bei Organisation des Ergusses werden. Die Echogenität eines Ergusses lässt keine sicheren Rückschlüsse auf eine septische, rheumatische oder traumatische Ursache zu.

Sonografischer Nachweis der Enthesitis

Eine Enthesitis zeigt sich vor allem bei Kindern und Jugendlichen mit den JIA-Subtypen der Enthesitis-assoziierten Arthritis, der Psoriasisarthritis oder undifferenzierten Arthritis. Typische sonografische Zeichen sind eine Veränderung der homogenen fibrillären Sehnenstruktur sowie eine Verdickung des Sehnenansatzes. Bei einigen Sehnenansatzentzündungen zeigen sich auch begleitende Bursitiden der benachbarten Bursen wie zum Beispiel der Bursa subachillea oder Bursa infrapatellaris profunda im Kniegelenk. Der betroffene Sehnenansatz zeigt in der Regel eine deutliche Hypervaskularisation, die von der physiologischen Sehnenansatzdurchblutung bei Kindern abgegrenzt werden muss. Sekundäre Veränderungen wie Verkalkungen und Enthesophyten, die im Erwachsenenalter häufig auftreten, scheinen im Kindesalter eher seltener zu sein.

Erste Publikationen zu sonografischen Normbefunden und Pathologien der Entesen von Kindern und Jugendlichen wurden in den letzten Jahren publiziert.

Sonografischer Nachweis von Knochen- und Knorpelschädigung

Neben den sonografischen Zeichen einer akuten Gelenkentzündung können auch bei Kindern und Jugendlichen frühzeitig oberflächliche Knorpel- und Knochendestruktionen sonografisch nachgewiesen werden. Diese lassen sich in der hochauflösenden Sonografie sicherer als in der Röntgenbildgebung nachweisen. Erosive oder osteophytische Veränderungen sollten immer in 2 unterschiedlichen Schnittebenen dargestellt und dokumentiert werden. Insbesondere bei der Ossifikation des kindlichen Knorpels kommen sehr unregelmäßige knöcherne Konturen zur Darstellung, die nicht als Knochenläsionen fehlinterpretiert werden dürfen. Die Darstellung des kindlichen Gelenkknorpels war Inhalt mehrerer Studien bei gesunden Kindern sowie auch bei Kindern und Jugendlichen mit JIA. Hierzu gibt es auch für die Handregi-

► **Tab. 1** Sonografischer Nachweis entzündlicher Veränderungen an der Hand.

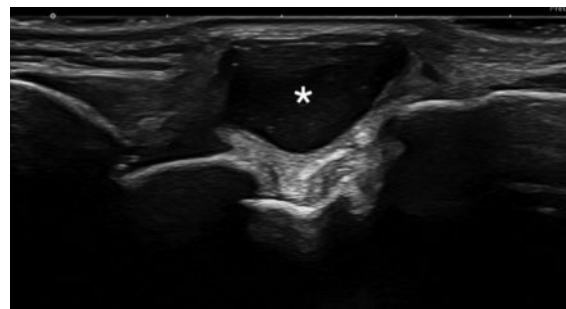
Pathologischer Befund	B-Mode	Doppler-Mode
Synovialitis	Nachweis von synovialer Hypertrophie und Erguss in den ulnradialen, radiokarpalen und interkarpalen, karpometakarpalen, metakarpophalangealen, proximalen interphalangealen, distalen interphalangealen und interphalangealen (Dig. I) Gelenken.	Nachweis der intrasynovialen Hypervaskularisation in der Regel von dorsal, im Bereich der Finger auch von volar möglich, da die Entfernung zum Schallkopf nur gering ist.
Tendinitis, Tenovaginitis und Paratenonitis	Nachweis von Flüssigkeit und synovialer Hypertrophie in der erweiterten Sehnnenscheide. Verdickung und Inhomogenität der betroffenen Sehne selten. Auch im Paratenon der Sehnen, die keine Sehnnenscheide haben (insbesondere die Strecksehnen der Finger), ist der Nachweis von Flüssigkeit möglich.	Nachweis der intrasynovialen Hypervaskularisation innerhalb der erweiterten Sehnnenscheide sehr sensitiv möglich. Häufig im Bereich der Extensorensehnen. An den Fingern z. B. bei Polyarthritiden häufig auch Flexotenosynovitis.
Enthesitis	Inhomogene Verdickung und Aufhebung der fibrillären Sehnenstruktur, evtl. Begleitbursitis, selten Osteophyten und Verkalkungen bei Kindern, typisch lateral im Bereich der Finger.	Hypervaskularisation im Sehnenansatz, physiologische Gefäße am Knorpel sowie der Umgebung müssen abgegrenzt werden. Typisch für Enthesitis-assoziierte Arthritis und Psoriasisarthritis.

on sonografische Normwerte [7]. Die Knorpeldicke des Gelenkknorpels lässt sich in der Sonografie vergleichbar zuverlässig wie im MRT ausmessen [16]. Allerdings ist zu bedenken, dass die Messgenauigkeit insbesondere bei jüngeren Kindern durch die unregelmäßig geformten epiphysären Ossifikationszentren sehr variabel sein kann [7]. Außerdem kann es im Rahmen der JIA zu einer Akzeleration der Ossifikation kommen, die sich bei einigen Kindern auch im Bereich der Handwurzelknochen nachweisen lässt.

Praktisches Vorgehen bei Verdacht auf Beteiligung der Hand- oder Fingergelenke

Im Bereich des Handgelenks zeigen sich ausgehend von dorsalen Longitudinalschnitten über dem Radiokarpal-, Mittkarpal- und Karpometakarpalgelenk sowie dem Radio-ulnargelenk Ergüsse oder Synovialitiden in den entsprechenden Rezessus. Hier kann bei akuter Entzündung in der Regel auch eine deutliche Hypervaskularisation nachgewiesen werden (► **Tab. 1**). Ein dorsaler Transversalschnitt ist v. a. für die Darstellung von Strecksehnenentzündungen sehr wichtig, die bei einer JIA vorkommen können. Bei persistierender Arthritis im Wachstumsalter kann eine Ossifikationsbeschleunigung mit fortgeschrittenem Wachstum der Handwurzelknochen nachgewiesen werden.

Volar können durch einen Longitudinalschnitt über dem Radiokarpalgelenk und ulnokarpalen Komplex mit Ergänzung durch Transversalschnitte eine Karpalarthritis und Flexorensehnnenscheidenentzündungen detektiert werden. An den Fingergelenken können volare und dorsale Longitudinal- und Transversalschnitte über dem Daumensattelgelenk sowie den MCP-, PIP- und DIP-Gelenken die Frage nach entzündlichen Veränderungen, Gelenkflächen-erosionen, Tenosynovitiden und Paratenonitiden beant-



► **Abb. 14** Ganglionzyste (*) oberhalb des Os lunatum und Os capitatum bei einem jugendlichen Tennisspieler.

worten [17, 18]. Diese Schnittebenen sollten durch dynamische Untersuchungen in Extension und Flexion ergänzt werden. Optionale mediale und laterale Längsschnitte sind bei der Suche nach knöchernen Läsionen und Enthesitiden auch bei Kindern und Jugendlichen empfehlenswert.

Sonografische Abgrenzung von Differenzialdiagnosen

Ultraschall ist auch ein wichtiges Instrument, um bei Kindern und Jugendlichen traumatische Läsionen wie Frakturen, Sehnenrupturen oder andere oberflächliche Verletzungen zu erkennen.

Eine Ganglionzyste ist eine häufige Differenzialdiagnose und erscheint normalerweise als reflexionsarmes bis echofreies Material neben einer Gelenk- oder Sehnnenscheide mit gut definierten Rändern (► **Abb. 14**).

Ganz neue Möglichkeiten durch die Ultraschalluntersuchung ergeben sich bei Erkrankungen, die wie z. B. Mukopolysaccharidosen, also Stoffwechselerkrankungen, mit ihren muskuloskelettalen Veränderungen eine Differen-

zialdiagnose zu Fingerkontrakturen darstellen [19]. Hier erlaubt die Ultraschalluntersuchung zum einen eine differenzialdiagnostische Abgrenzung, zum anderen aber auch ein besseres Verständnis der Veränderungen insgesamt.

Quantifizierung von Befunden

Die Quantifizierung der Synovitis mittels sonografischer semiquantitativer Scores ist mittlerweile möglich und entsprechende Scores sind auch für das Hand- und die Finger-gelenke validiert [6, 8]. Auch der Nachweis von Pathologien wie Erosionen ist durch eine hohe Reliabilität gekennzeichnet [18].

Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt an, dass die Autoren Experten-honorare der Firma AbbVie für die Erstellung der Ped-MUS Lehrmaterialien erhalten haben.

Autoren



Johannes Roth



Daniel Windschall

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Johannes Roth FRCPC
Kinderspital Zentralschweiz
Spitalstrasse, 6004 Luzern
Schweiz
johannes.roth@luks.ch

Literatur

- [1] Windschall D, Roth J. Sonografie in der pädiatrischen Rheumatologie. In: Wagner N, Danecker G, Kallinich T, Hrsg. Pädiatrische Rheumatologie, 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; 2020: 113–131
- [2] Möller I, Janta I, Backhaus M et al. The 2017 EULAR standardized procedures for ultrasound imaging in rheumatology. *Ann Rheum Dis* 2017; 76(12): 1974–1979
- [3] Collado P, Vojinovic J, Nieto JC et al.; OMERACT Ultrasound Pediatric Group. Toward Standardized Musculoskeletal Ultrasound in Pediatric Rheumatology: Normal Age-Related Ultrasound Findings. *Arthritis Care Res* 2016; 68: 348–356
- [4] Rosendahl K, Bruserud IS, Oehme N et al. Normative ultrasound references for the paediatric wrist: dorsal soft tissues. *RMD Open* 2018; 4(1): e000642. doi:10.1136/rmdopen-2017-000642. PMID: 29556421; PMCID: PMC5856916
- [5] Vega-Fernandez P, Ting T, Oberle E et al. The MUSICAL pediatric ultrasound examination – a comprehensive, reliable, time efficient assessment of synovitis. *Arthritis Care Res* 2021 Jul 30
- [6] Sande NK, Bøyesen P, Aga AB et al. Development and reliability of a novel ultrasonographic joint-specific scoring system for synovitis with reference atlas for patients with juvenile idiopathic arthritis. *RMD Open* 2021; 7(2): e001581
- [7] Spannow AH, Pfeiffer-Jensen M, Andersen NT et al. Ultrasonographic measurements of joint cartilage thickness in healthy children: age- and sex-related standard reference values. *J Rheumatol* 2010; 37(12): 2595–2601
- [8] Vega-Fernandez P, Esteban Y, Oberle E et al. CARRA JIA Ultrasound Workgroup. Reliability of the Pediatric Specific Musculoskeletal Ultrasound Scoring Systems for the Elbow, Wrist, and Finger Joints. *J Rheumatol* 2023; 50(2): 236–239
- [9] Windschall D. Hand and Wrist. In: El Miedany Y, ed. *Pediatric Musculoskeletal Ultrasonography*. Cham: Springer; 2020
- [10] Kannus P. Structure of the tendon connective tissue. *Scand J Med Sci Sports* 2000; 10(6): 312–320
- [11] Ogden JA, Ganey TM, Light TR et al. Ossification and pseudoepiphysis formation in the “nonepiphyseal” end of bones of the hands and feet. *Skeletal Radiol* 1994; 23(1): 3–13
- [12] Ogden JA, Beall JK, Conlogue GJ, Light TR. Radiology of postnatal skeletal development. IV. Distal radius and ulna. *Skeletal Radiol* 1981; 6(4): 255–266
- [13] Chauvin NA, Ho-Fung V, Jaramillo D. Ultrasound of the joints and entheses in healthy children. *Pediatr Radiol* 2015; 45: 1344–1354
- [14] Roth J, Ravagnani V, Backhaus M et al.; OMERACT Ultrasound Group. Preliminary Definitions for the Sonographic Features of Synovitis in Children. *Arthritis Care Res* 2017; 69: 1217–1223
- [15] Windschall D, Collado P, Vojinovic J et al.; OMERACT paediatric ultrasound subtask force. Age-related vascularization and ossification of joints in children: an international pilot study to test multi-observer ultrasound reliability. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2020; 72: 498–506
- [16] Spannow AH, Stenboeg E, Pfeiffer-Jensen M et al. Ultrasound and MRI measurements of joint cartilage in healthy children: a validation study. *Ultraschall Med* 2011; 32 (Suppl 1): S110–S116
- [17] Collado P, Martire MV, Lanni S et al.; OMERACT Ultrasound Group. OMERACT International Consensus for Ultrasound Definitions of Tenosynovitis in Juvenile Idiopathic Arthritis: Systematic Literature Review and Delphi Process. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2023; 75(11): 2277–2284
- [18] Ventura-Rios L, Faugier E, Barzola L et al. Reliability of ultrasonography to detect inflammatory lesions and structural damage in juvenile idiopathic arthritis. *Pediatr Rheumatol Online J* 2018; 16(1): 58. doi:10.1186/s12969-018-0275-4
- [19] Roth J, Inbar-Feigenberg M, Raiman J et al. Ultrasound findings of finger, wrist and knee joints in Mucopolysaccharidosis Type I. *Mol Genet Metab* 2021; 133: 289–296