

Norbert M. Hien<sup>1</sup>

# Refresherkurs Sonografie der Bewegungsorgane\*

Sonografie an Hand, Handgelenk und Ellbogen – Funktionsdiagnostik, Instabilitäten und degenerative Anpassungen

## *Refreshing class musculoskeletal ultrasound*

Ultrasound examination of the hand, wrist and elbow, instructional course – functional tests, instabilities and degenerative alterations.

**Zusammenfassung:** Die Sonografie der oberen Extremität an Ellbogen, Handgelenk, Hand und Fingern hat sich in den letzten 30 Jahren im diagnostischen Spektrum fest etabliert. Sie ist im Gegensatz zum konventionellen Röntgen und den Schnittbildverfahren CT und MRT leichter verfügbar, strahlungsfrei und ermöglicht anschauliche Funktionsuntersuchungen in Echtzeit. Rheumatologen, Orthopäden/Handchirurgen und Radiologen haben aus ihrer jeweiligen fachlichen Perspektive heraus Standardebenen und Untersuchungstechniken entwickelt, die Eingang in Lehrbücher gefunden haben [2, 3, 5, 6, 8]. Anhand der Daten aus 33 Jahren Ultraschalldiagnostik in Klinik und Praxis und mehr als 100 Fortbildungskursen werden die funktionellen Untersuchungstechniken bei Strukturveränderungen und nach Verletzungen dargestellt und Beurteilungskriterien für Veränderungen und Defekte der Knochen, Gelenke, Sehnen und Kapselbandstrukturen und deren Stabilität vorgestellt.

*Schlüsselwörter:* Sonografie, Ultraschall, Finger, Hand, Handgelenk, Ellbogen, Instabilität, Degeneration, Anpassungen

### Zitierweise

Hien NM: Refresherkurs Sonografie der Bewegungsorgane. Sonografie an Hand, Handgelenk und Ellbogen – Funktionsdiagnostik, Instabilitäten und degenerative Anpassungen. OUP 2017; 1: 037–044 DOI 10.3238/oup.2016.0037–0044

**Abstract:** Over the past 30 years ultrasound has developed to be an established tool in elbow, hand, wrist and finger diagnostics. Compared to conventional radiographs and the cross-sectional techniques CT and MRI ultrasound is more easily available, free of radiation and allows real-time observation of the joint and its structures during functional tests. Rheumatologists, orthopaedic and hand surgeons as well as radiologists have developed standard views and procedures of examination according to their specific needs. Current textbooks include some of these views and procedures [2, 3, 5, 6, 8]. In this review functional tests and the standard positions necessary to test joint and ligament stability after trauma and to examine structural alterations are demonstrated and criteria of assessment are presented, based upon the experience of 3 decades of clinical sonography and more than 100 instructional courses held.

*Keywords:* sonography, diagnostic ultrasound, elbow, hand, wrist, finger, functional tests, stability, degeneration, adaption

### Citation

Hien NM: Refreshing class musculoskeletal ultrasound. Ultrasound examination of the hand, wrist and elbow, instructional course – functional tests, instabilities and degenerative alterations. OUP 2017; 1: 037–044 DOI 10.3238/oup.2016.0037–0044



### Einleitung

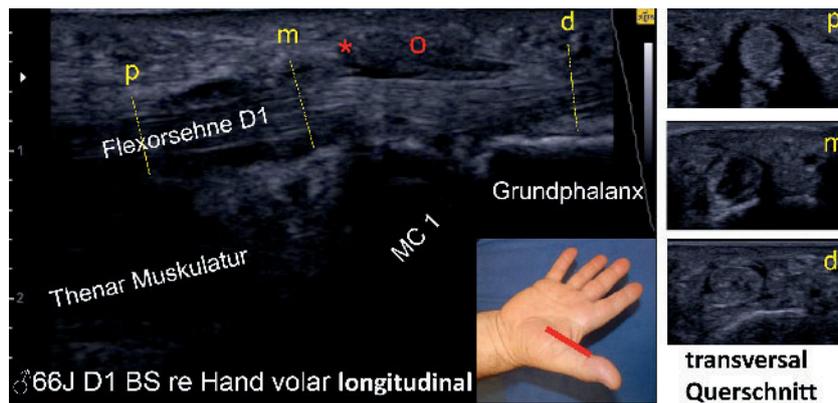
Für die Funktionsdiagnostik sind zunächst die erfassbaren Strukturen in der jeweiligen Standardebene darzustellen (Erguss, Schleimhaut, Bänder,

Faszien, Sehnen, Muskulatur, Gelenkränder, Gelenklippen, Raumforderungen usw.). Dann folgen standardisierte manuelle Funktionstests und ggf. eine Messung von Stabilität, Sehnenquerschnitt und Schnellphänomen in der

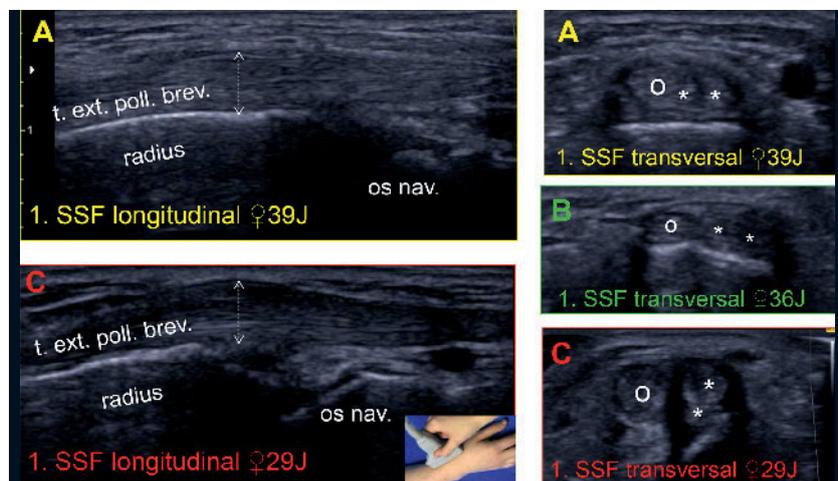
**Abbildung 1** Arbeitsplatz: Anordnung zur Ultraschalluntersuchung von Ellbogen, Unterarm, Handgelenk und Hand.

<sup>1</sup> Praxis für Orthopädie und Unfallchirurgie, München

\* Vortrag anlässlich der 64. Jahrestagung der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen, Baden-Baden,



**Abbildung 2** Tendovaginitis stenansans der Daumenbeugesehne, Längsschnitt und Querschnitte. \*Ringband, O Sesambein mit Schallschatten; p: proximal; m: Mitte; d: distal



**Abbildung 3** Die Tendovaginitis stenansans de Quervain im Längs- und Querschnitt. **A:** (Gelb) rechts im Querschnitt bereits hypoechoogene Zone (HEZ) um die Sehne des m. extensor pollicis brevis (weißer Kreis) und des m. abductor pollicis longus (weiße Sterne). **B:** ( Hellgrün) Normalbefund zum Vergleich. **C:** Bei erheblich vergrößertem Sehnenquerschnitt (unten rot) Schnellphänomen oder Extensionsstopp möglich.

exakten Standardebene. Aus der Synopse der objektivierbaren Strukturveränderungen und der Ergebnisse der Funktionstests ergeben sich die Diagnose und die Therapieoptionen sowohl prä-, als auch postoperativ. Die Sonografie erlaubt das Monitoring der weiteren Entwicklungen und Anpassungen im Beschwerdeverlauf.

## Material und Methoden

Benötigt wird ein modernes Ultraschallgerät mit hoch auflösender Linearsonde von 7,5–16 MHz, guter Ankoppelungsmöglichkeit auch für kleine und enge Bereiche durch geringe aktive Breite, an-

dererseits aber für bestimmte Fragestellungen möglichst großer aktiver Breite, um einen ausreichenden Überblick sicherzustellen. Details der jeweils aktuellen technischen und formalen Vorgaben sind den Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM), der Ultraschall-Vereinbarung der Kassenärztlichen Bundesvereinigung und den Lehrbüchern zu entnehmen.

Abbildung 1 zeigt die typische Untersuchungssituation: Vor dem aufrecht auf einer höhenverstellbaren Liege sitzenden oder liegenden Patienten sitzt der Untersucher; beide betrachten ein seitenrichtiges Monitorbild (links proximal, rechts distal). Ein Fußtaster zum

Einfrieren des Bilds ist obligat, da die Untersuchung bimanuell erfolgt.

## Sehnenveränderungen

Tendovaginitis stenansans, Strecksehnenabriss, Abriss der kurzen Beugesehne, typische Handgelenkganglien und die Irritation durch Implantate als Beispiele: Bei der Tendovaginitis stenansans, hier dem schnellenden Daumen, sind die unterschiedlichen Sehnenquerschnitte (gelb) proximal, im mittleren Bereich und distal, sowie die strukturellen Sehnenveränderungen und die peritendinöse synoviale Reizung als hypoechogener Begleitsaum gut darzustellen (Abb. 2). Die Beobachtung des Schnellphänomens unterhalb des Ringbands (roter Stern) gelingt auch im Längsschnitt nicht immer. Unterhalb des Sesambeins (roter Kreis) ist mit einem Schallschatten zu rechnen.

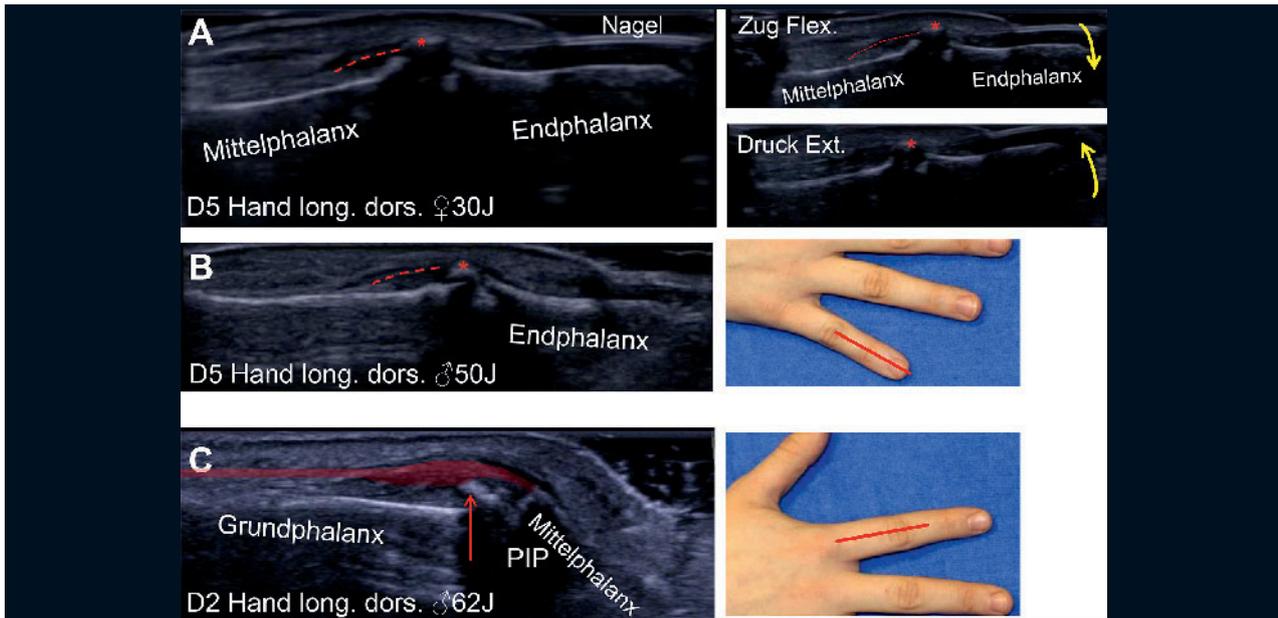
Die Tendovaginitis stenansans de Quervain weist im Längs- und Querschnitt über dem ersten Strecksehnenfach als „yellow flag“ zunächst meist nur einen vergrößerten Sehnenquerschnitt mit geringer hypoechogener Begleitzone (HEZ) auf (Abb. 3). Bei Abduktion des Daumens kommt es anfangs noch nicht zu einem Schnellphänomen.

Bei erheblich vergrößertem Sehnenquerschnitt, anhaltendem oder wiederholtem Reizzustand und ggf. Schnellphänomen oder Extensionsstopp kann bei persistierenden Beschwerden eine operative Entlastung nötig werden. Bei stillenden Müttern empfiehlt es sich aber die Geduld zu bewahren und zunächst konservativ die Verhaltensweisen zu optimieren.

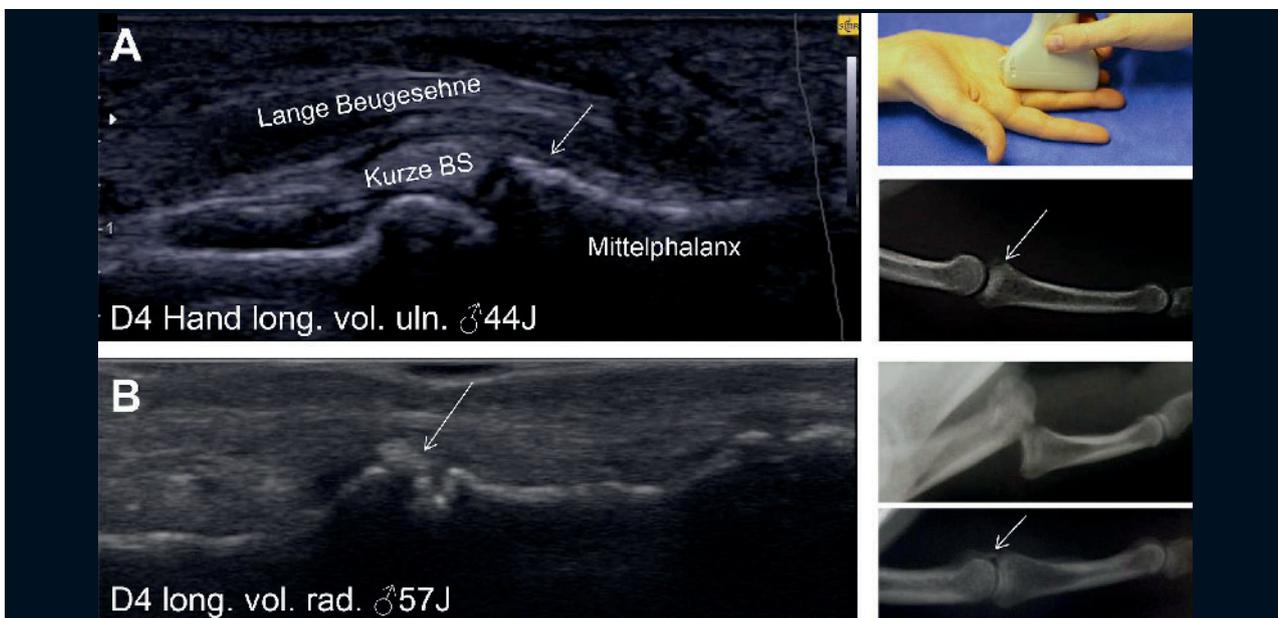
Die Stellung, Readaption und der Durchbau eines knöchernen Abrissfragments der Strecksehne vom Endglied kann funktionell bei Überstreckung und Beugung überprüft werden (Abb. 4).

PIP-Verletzungen der Langfinger sind eine Crux aller Ballsportarten. Kollateralbandverletzungen, Frakturen, volare und dorsale Sehnenabriss sind sonografisch sicher darzustellen (Abb. 5). Bei Kindern im Wachstumsalter können sonografisch relevante Epiphysen- und Beugesehnenabrissfrakturen ausgeschlossen werden.

Im dorsalen Längsschnitt über dem extensor carpi radialis brevis kön-



**Abbildung 4 A:** Knöcherner Strecksehnenabriss von der Endphalanx beim Volleyball; im Längsschnitt disloziert das Fragment \* nach proximal bei Zug am Endglied in Flexion und readaptiert gut bei Druck in Extension. **B:** Das verzögert behandelte Abrissfragment dieses 50-jährigen ist nach 8 Wochen noch nicht knöchern fest konsolidiert; der Abstand des Fragments \* zur Endphalanx vergrößert sich bei Zug am Endglied in Flexion. **C:** Der 62-jährige Gitarrist klagt über Schmerzen im Barré-Finger, ausgelöst durch Reizung der Strecksehne (rot markierter Bereich) über der degenerativen Ausziehung dorsal am Grundphalanxköpfchen (→).



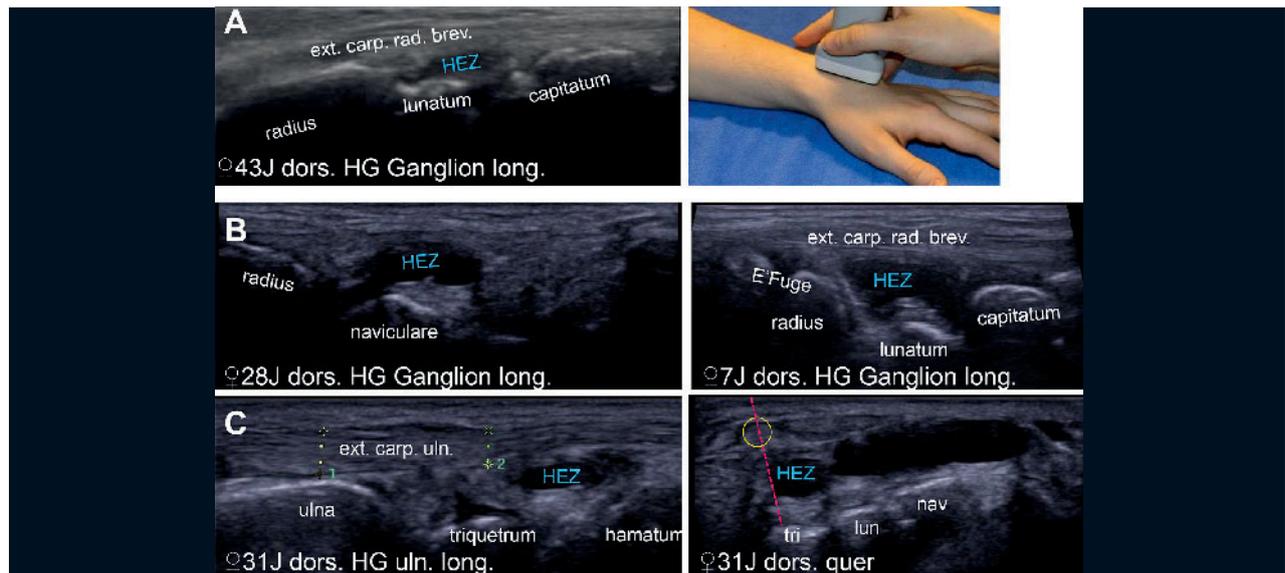
**Abbildung 5 A:** Die minimale Abrissfraktur des ulnaren Schenkels der kurzen Beugesehne von der Mittelphalanx-Basis ist nur in der Funktionssonografie sicher zu diagnostizieren, der radiale Schenkel blieb unverletzt. **B:** Nach PIP Luxation bleibt der knöcherne Kapselabriss volar gut zu erkennen, ebenso der radiale Schenkel des kurzen Beugesehnenansatzes, der funktionell readaptiert.

nen hypoechogene Zonen/Ganglien/Hygrone in ihrem Bezug zur Sehne und den Handwurzelgelenken untersucht und im Hinblick auf die möglichen Ursachen analysiert werden (Abb. 6). In gleicher Weise kann dies

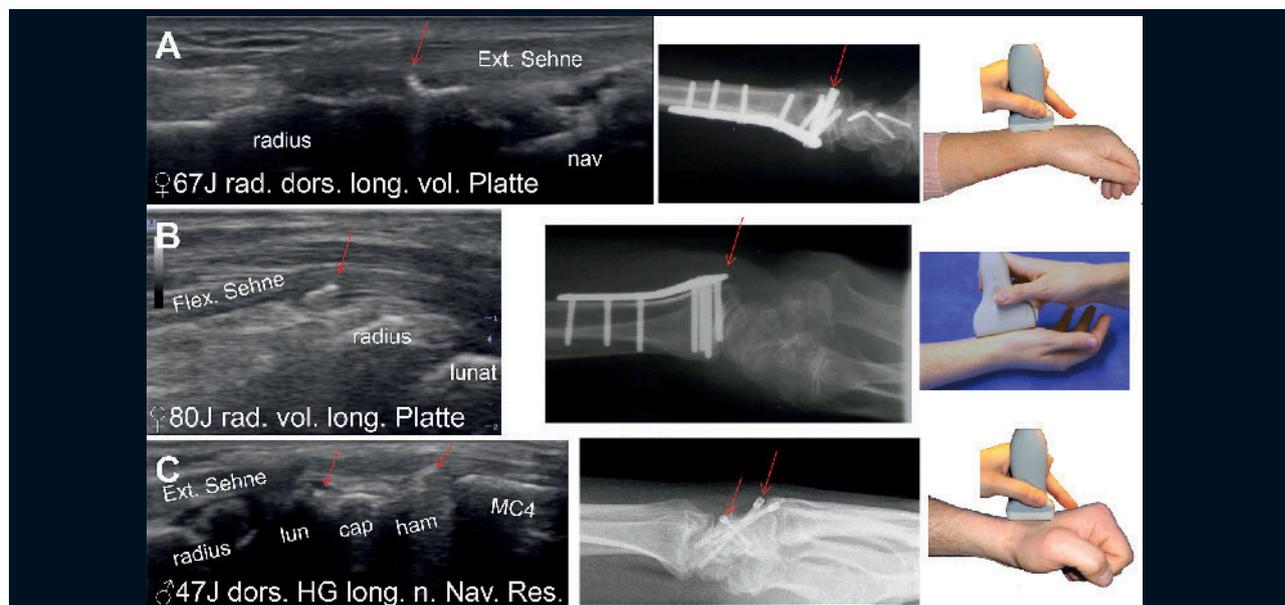
auch für die übrigen Sehnen und Gelenke des Handgelenks erfolgen, auch von volar, radial und ulnar, je nach Fragestellung.

Implantate führen nicht selten zu unerwünschten Irritationen der bewegten

Weichteile und behindern oder verzögern damit die Rehabilitation. Selbst kleine Schrauben- oder Pin-Überstände können die darüber liegenden Sehnen oder die Gelenkfunktion behindern und eine Algodystrophie auslösen (Abb. 7).



**Abbildung 6 A:** Unauffällige Sehne, die hypoechogene Zone (HEZ) hat hier Bezug zum Radiokarpal- und Interkarpalgelenk. **B:** Links besteht bei dieser Frau eine Verbindung der HEZ zum Radionaviculargelenk; rechts bei diesem 7-jährigen Mädchen weist die HEZ bzw. das Ganglion eine Verbindung zum Interkarpalgelenk auf. **C:** 31-jährige Hausfrau und Mutter mit Kaliber-Unregelmäßigkeiten der Extensor-carpi-ulnaris-Sehne und umgebender HEZ; besonders aufgrund des Befunds im Querschnitt (rechtes Bild) ist auf ein Hygrom der Strecksehnen zu schließen, möglicherweise ausgelöst durch Reiben der Extensoren gegen das Retinakulum bei Arbeiten in Extension. (○) Querschnitt der extensor carpi ulnaris Sehne, (-----) zeigt im Querschnitt die Lage des Längsschnitts links.



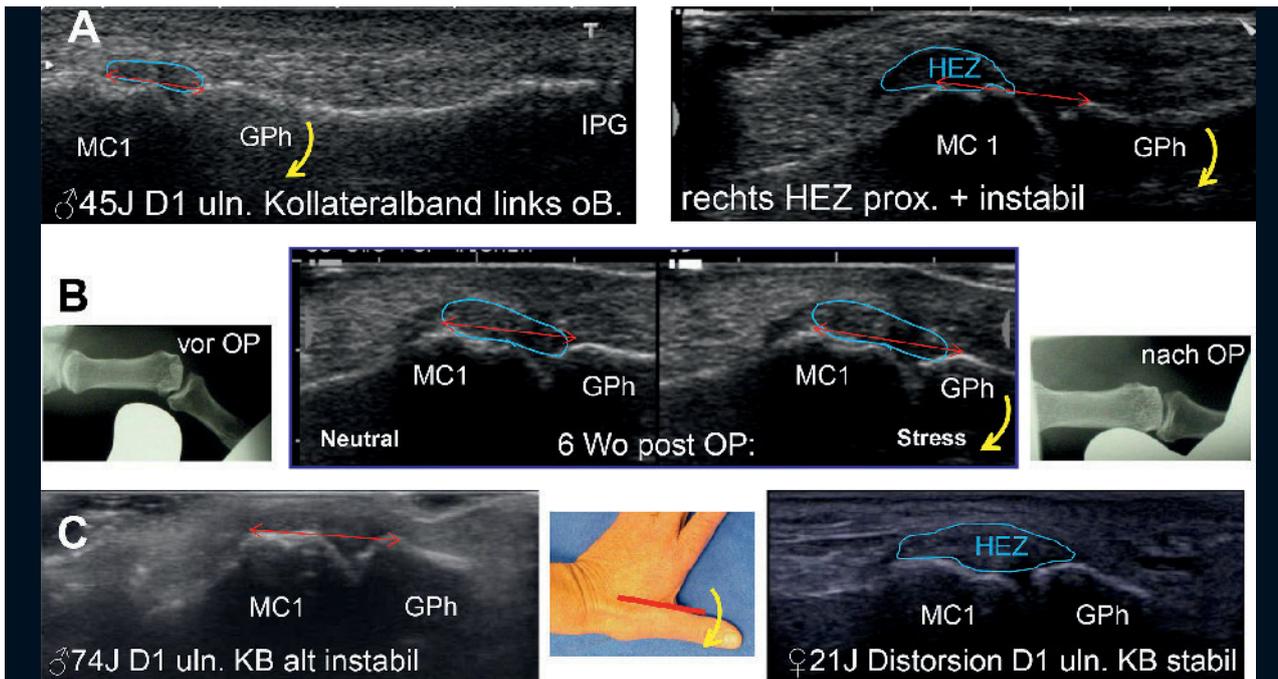
**Abbildung 7 A:** Volare Platte nach distaler Radiusfraktur; der dorsale Schraubenüberstand irritiert die Extensorsehne mit Schmerz bei Volarflexion; frühzeitige Metallentfernung erforderlich. **B:** Der Überstand des ventralen distalen Plattenendes irritiert die Flexorsehnen; schmerzhaft eingeschränkte Dorsalextension im Handgelenk und CTS-Beschwerden. **C:** 47-jähriger Mann, Zustand nach Os-naviculare-Resektion und Blockarthrodese des ulnaren Carpus; der Schraubenüberstand (→) irritiert die Strecksehnen und behindert die verbliebene Gelenkfunktion.

### Stabilitätsprüfung

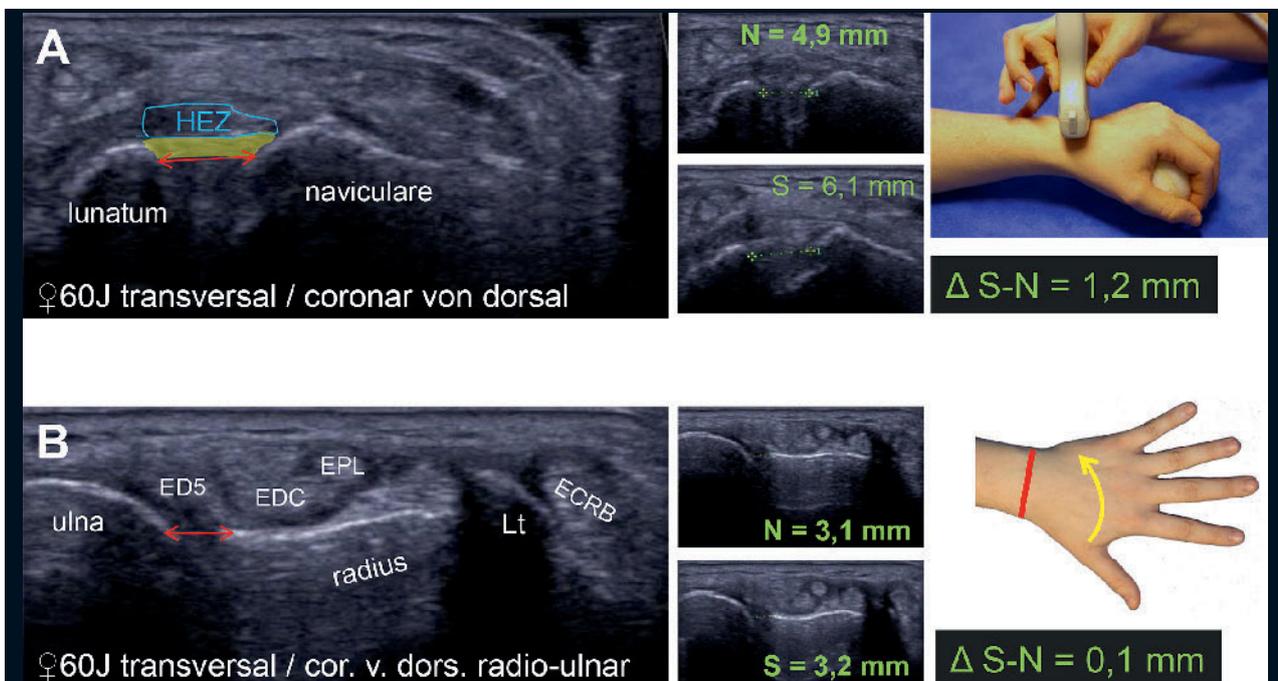
Für die Stabilitätsprüfung von Kapsel-Band-Strukturen, Frakturen, Gelenken und Sehnen sind die eingangs genannten Voraussetzungen streng zu beach-

ten: Definierte Schnittebenen, standardisierte manuelle Belastungs-Tests und ggf. Messung sowie anschließend die Synopse der gefundenen Strukturveränderungen mit den Ergebnissen der Funktionstests und Verlaufskontrollen nach

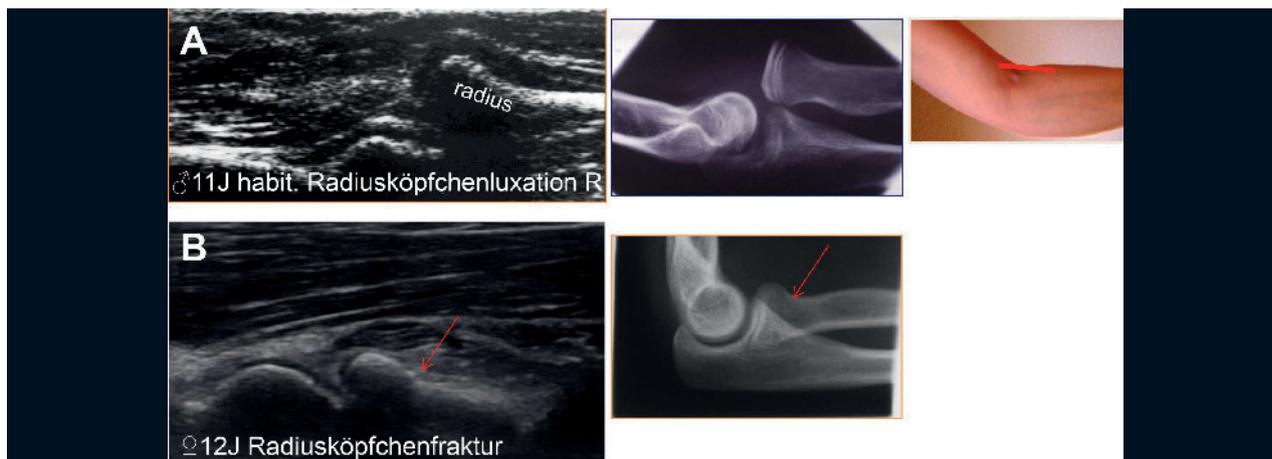
Bedarf. Als Beispiele werden die Prüfung der Kollateralbänder an Fingern, Handgelenk und Ellbogen, skapholunär und radioulnar, die Instabilität des Radiusköpfchens sowie von Frakturen und Implantaten vorgestellt.



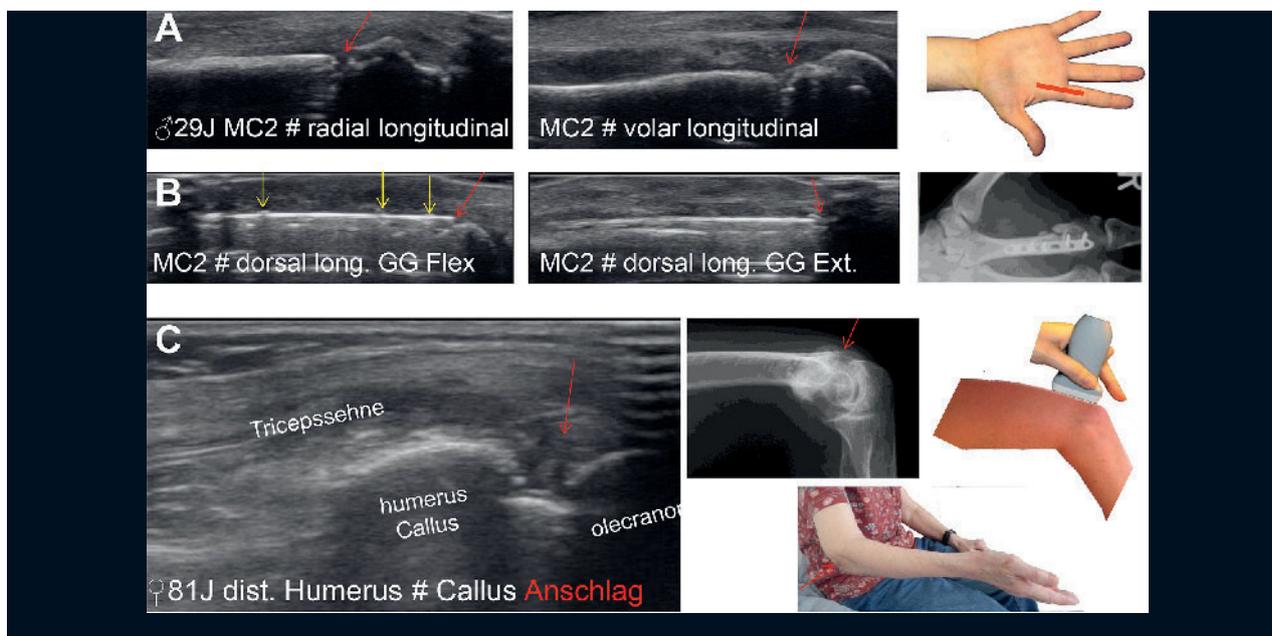
**Abbildung 8** Längsschnitt frontal über dem ulnaren Kollateralband D1 Grundgelenk. **A:** Links stabile Verhältnisse im Valgusstress; das etwas schräg getroffene Kollateralband stellt sich als hypoechogene Zone (HEZ, blau markiert) vom Metacarpale 1 zur Grundphalanx übergreifend und schmal dar. (↔) Maximaler Abstand des Bandursprungs zum Ansatz im Valgusstress. Rechts nach Skisturz vermehrte HEZ am Bandursprung über dem Metacarpale 1, nicht mehr bis zur Basis der Grundphalanx übergreifend und deutliche Aufklappbarkeit ohne Anschlag im Valgusstress. **B:** 6 Wochen postoperativ noch deutlich vermehrte HEZ im Bandbereich, jedoch übergreifend und ohne wesentliche Aufklappbarkeit im Valgusstress. **C:** Links veraltet instabiles ulnare Kollateralband, ulnare Aufklappbarkeit ohne Anschlag im Valgusstress bei fehlender HEZ. Rechts deutliche hypoechogene Zone im Bereich des Kollateralbands als Ausdruck der stattgehabten Distorsion des Daumengrundgelenks, keine ulnare Aufklappbarkeit, keine Bandinstabilität.



**Abbildung 9 A:** „Bällchen-Test“ zur Prüfung der skapholunären Stabilität: Querschnitt transversal von dorsal über dem os lunatum und naviculare, Darstellung des skapholunären Bands. Das Band ist stabil, wenn der Abstand zwischen os naviculare und os lunatum (neutral 4,9 mm) bei festem Zusammendrücken des vom Patienten in der Hand gehaltenen Tennisballs nicht mehr als 1 mm ( $\pm 1$  mm) auseinander weicht (in Stressposition 6,1 mm). Die Differenz beträgt hier 1,2 mm. **B:** Test der radioulnaren Stabilität im Transversalschnitt über der Mitte des Ulnaköpfchens. Strecksehnen im Querschnitt oberhalb der Konturen von Ulna und Radius mit Listertuberkel. Abstand zwischen Ulna und Radius in Neutralstellung hier 3,1 mm, Abstand in maximaler Ulnarabduktion hier 3,2 mm; Differenz 0,1 mm, die Gelenkverbindung ist stabil (Normgrenzwert 1 mm  $\pm 1$  mm).



**Abbildung 10 A:** Längsschnitt über dem proximalen Radius. Bei Luxation überragt das Radiusköpfchen in Streckstellung die Kontur des Capitulum humeri nach ventral. Dieses Sonogramm stammt von 1985 – ein erheblicher Unterschied zur heutigen Bildqualität! **B:** Minimale Stufenbildung der ventralen Kortikalis als Nachweis einer subcapitalen Radiusköpfchenfraktur. Die Stufe ist im Röntgenbild nicht zu erkennen.



**Abbildung 11 A:** Persistierender Bruchspalt (✓) radial und volar ohne wesentliche Kallusbildung nach dorsaler Plattenosteosynthese einer offenen Metacarpale-2-Trümmerfraktur. Kein Nachweis einer Instabilität bei manueller Biegebelastung.

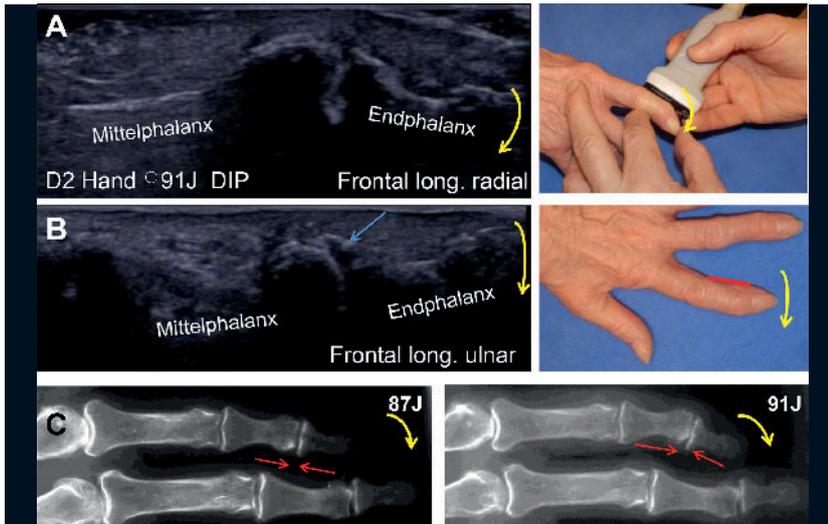
**B:** Dorsal reizloses Plattenlager, (✓) kaum überstehende Schraubenköpfe. Am distalen Plattenende (✓) kommt es bei Extension zur Anschoppung von Weichteilen, bei Flexion geringe Irritation der Strecksehne, aber stabile Plattenlage. Eine Metallentfernung kann noch nicht empfohlen werden. **C:** Konservativ behandelte distale Humerusfraktur: Die Kallusreaktion in der fossa olecrani verhindert das Eintauchen des Olecranon und durch festen Anschlag (→) eine weitere Streckung des Arms.

Im Längsschnitt frontal über dem jeweiligen Kollateralband wird in Streckstellung des Gelenks und in geringer Beugung das betreffende Band dargestellt und im manuell gehaltenen Valgus- bzw. Varusstress die Stabilität anhand korrespondierender Gelenkrandpunkte gemessen und die Qualität des Anschlags bestimmt. Nach Distorsion

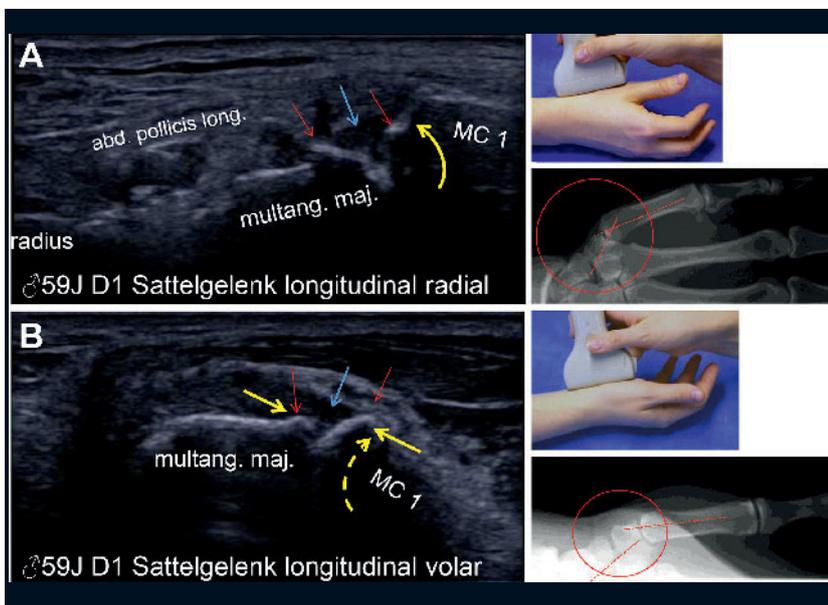
(Bandläsion 1°) zeigt sich eine vergrößerte, aber noch übergreifende hypoechogene Zone (HEZ) im Bandbereich bei Schmerzangabe, aber fehlender Aufklappbarkeit im Stresstest; nach Teilruptur (Bandläsion 2°) noch übergreifende HEZ, aber bei Stress vermehrte Aufklappbarkeit im Seitenvergleich und elastischer Anschlag. Nach Komplett-

ruptur (Bandläsion 3°) deutliche HEZ am Bandursprung, nicht mehr übergreifend und fehlender Anschlag im Stresstest (Abb. 8). Dieselben Kriterien gelten für das ulnare und radiale Kollateralband am Handgelenk und die Kollateralbänder des Ellenbogens.

Auch die Stabilität anderer karpaler Gelenkverbindungen lässt sich sonogra-



**Abbildung 12** Typische Ulnardeviation im D2-Endgelenk bei Polyarthrose. **A:** Aufgrund des Knorpelverlustes besteht eine gewisse Instabilität bei passiver Biegung des Endgelenks nach ulnar, keine synoviale Reizung, kein Erguss. **B:** Ulnarseitig imponiert die Stabilität bei forciert Radialabduktion aufgrund des Substanzdefektes deutlich gemindert, das Band selbst ist jedoch nicht defekt mit festem Anschlag. Gelenkrandausziehungen (↙). **C:** Radiologischer Verlauf über 4 Jahre: Zunehmender ulnarseitiger Substanzdefekt des Mittelphalanxköpfchens aufgrund der einseitigen habituellen Fehlbelastung bei geminderter Geweberesistenz im Senium.



**Abbildung 13 A:** Deutliche Ausziehungen der Ränder des Daumensattelgelenks im radialen Längsschnitt mit umgebender hypoechogener Begleitzone (↙) als Ausdruck einer Hyperpression bei Abduktion mit Tendenz zur Dezentrierung. **B:** Im volaren Längsschnitt bei Flexion und Extension sind ebenfalls beginnende Gelenkrandausziehungen am Os multangulum majus und Metacarpale 1 zu erkennen. Bei Opposition nach volar Hyperpression des Gelenkes, bei Extension nach dorsal Dezentrierung der MC 1 Gelenks nach volar. In den entsprechenden Röntgenbildern sind die verloren gegangene Achszentrierung der Gelenkflächen in der a.p.- und seitlichen Aufnahme sowie die korrespondierenden subchondralen Sklerosierungen und Gelenkrandausziehungen erst zeitverzögert darstellbar.

fisch gut prüfen und messen, z.B. die skapholunäre und die radioulnare Stabilität (Abb. 9). Die Messgenauigkeit ist beim Geübten hoch ( $1 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ ), es bedarf einer Lernkurve, in Grenzfällen kann die Gegenseite zum Vergleich herangezogen werden.

Die Stellung des Radiusköpfchens zum capitulum humeri wird im Längsschnitt über dem proximalen Radius überprüft. Besonders hilfreich ist die Sonografie bei der Pronatio dolorosa von Kleinkindern, da bei nachgewiesener korrekter Stellung des Radiusköpfchens schmerzhaft Repositionsversuche unterbleiben können. Der Nachweis kaum dislozierter und im Übersichtsröntgen nicht erkennbarer Radiusköpfchenfrakturen gelingt oft nur

bei Durchmusterung in Pro- und Supination (Abb. 10).

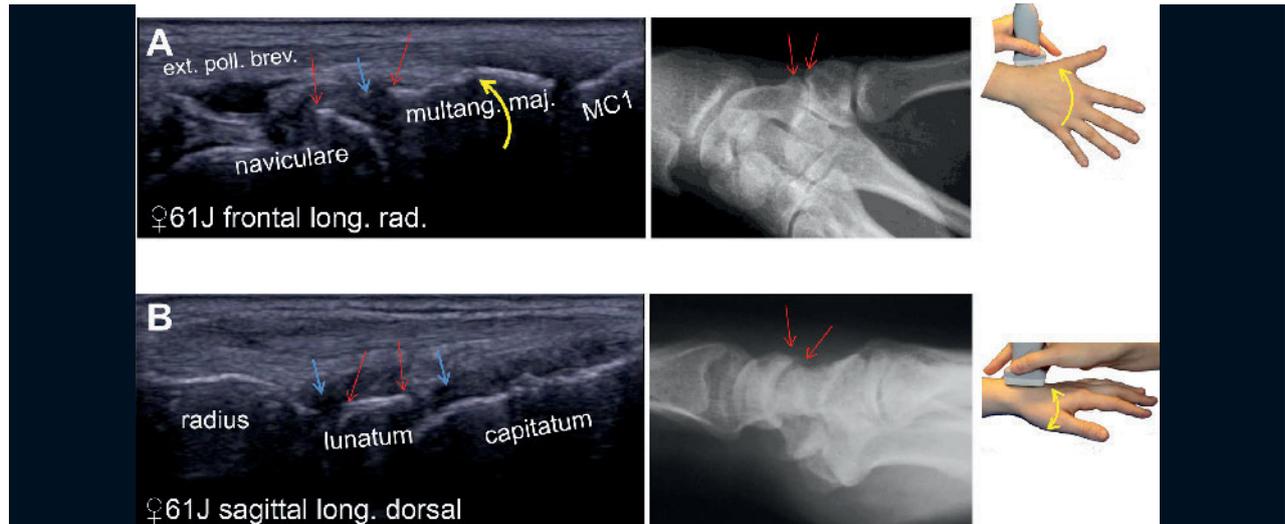
### Frakturen und Implantate

Bei Frakturen kann die Stabilität durch vorsichtige manuelle Biegebelastung am besten im Längsschnitt beurteilt werden (Abb. 11). Um therapierelevante Frakturen mit ausreichender Sicherheit nachweisen zu können, sollte der betreffende Knochen am besten zirkulär, mindestens aber von 3 Seiten longitudinal sonografiert werden. Eine Kortikalisstufe, ein Bruchspalt mit pathologischer Beweglichkeit und ein subperiostales Hämatom sind sichere Frakturzeichen; nicht dislozierte, intraossäre Frakturen ohne Betei-

ligung von Kortikalis und Periost oder an der Sonografie nicht zugänglichen Knochen sind im Ultraschall nicht darzustellen. Die Kallusbildung, die Lage und Funktion von Metallimplantaten und die Frakturkonsolidierung sind sonografisch zu beobachten, ebenso Funktionsstörungen durch übermäßige Kallusbildung oder posttraumatische Deformitäten.

### Degenerative und funktionelle Anpassungen

Degenerative Anpassungen der Gelenke sind sonografisch frühzeitig an den Gelenkrändern und -konturen zu erkennen und in Funktion auf ihre Ursachen hin zu analysieren.



**Abbildung 14 A:** Radiale Karpalarthrose: (↗) Gelenkrandausziehungen, (↙) hypoechogene Begleitzone über dem Gelenkrand und Hyperpression bei radial Abduktion. **B:** Sagittalschnitt longitudinal von dorsal über dem Os lunatum: Degenerative Anpassungen, Gelenkrandausziehungen, hypoechogene Reaktionszonen bei Extension und Flexion in Bewegung zu beobachten.

Eine hypoechogene Zone (HEZ) über einer Sehne, dem Gelenkrand, Kollateralband oder Kapselanteilen ist ein erster Hinweis für eine zeitnah stattgehabte Verletzung oder für längerfristige Umbauvorgänge bei habituell einseitigen Belastungen. Zuschärfungen oder Ausziehungen des Gelenklands sind Zeichen langfristiger Strukturanpassungen der Gelenke bei andauerndem Ungleichgewicht der Gelenkflächendruckbelastung und formativem Reiz aufgrund von Achsenfehlern, Kapselbandinstabilitäten oder Gewohnheiten (Abb. 12). Gelenkinstabilitäten sind mit standardisierten Stresstests nachzuweisen und auszumessen (Abb. 8).

Die Ränder des Daumensattelgelenks weisen bei habituell einseitiger Belastung bereits frühzeitig Ausziehungen radial und volar auf mit begleitender HEZ als Ausdruck aktueller Anpassungsreaktionen der Gelenklippen und Kapselbänder bei Hyperpression ohne und mit Dezentrierungstendenz (Abb. 13).

Vergleichbares gilt auch für die anderen Gelenke, besonders für die häufig zu beobachtende radiale Karpalarthrose, etwa bei fleißigen Hausfrauen und bei Krückengängern (Abb. 14). Ursache für diese Anpassung ist meist eine habituelle Fehlbelastung im Interkarpalgelenk und/oder Radiokarpalgelenk durch Tätigkeiten mit hoher Flächen-Druck-Belastung in Extension, Hyperextension oder radial Abduktion.

### Schlussfolgerung

Es gibt 4 wichtige Gründe für die funktionelle Sonografie:

1. Die bloße Darstellung einer Struktur oder eines Bands im MRT oder Sonogramm erlaubt keinen sicheren Rückschluss auf dessen Funktion oder Stabilität.
2. Die Stabilität und Funktion ist nur durch einen dynamischen Belastungs- und Funktionstest zu prüfen.
3. Es handelt sich im Allgemeinen um eine einfache, den Patienten nicht belastende Untersuchungstechnik. Eine muskuläre Anspannung, die das Ergebnis der dynamischen Untersuchung verfälschen könnte, wird vom Untersucher wahrgenommen.
4. Der frühzeitige Nachweis von Instabilitäten und Anpassungen bei Fehlbelastung erlaubt eine frühestmögliche Korrektur und Optimierung der Verhaltensweisen als Voraussetzung für beste Behandlungsergebnisse bei gegebener Compliance.
5. Die zusätzlich erforderlichen Röntgen- und MRT-Aufnahmen zur Befunddokumentation können durch exakte Lokalisation der „region of interest“ auf ein Minimum beschränkt werden. Dies ist besonders wichtig im Wachstumsalter bei Kindern. 

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben

### Korrespondenzadresse

Dr. med. Norbert M. Hien  
 Praxis für Orthopädie  
 und Unfallchirurgie  
 Friedrichshafener Straße 11  
 81243 München  
 PraxisDrHien@t-online.de

### Weiterführende Literatur

1. European Society of Musculo Skeletal Radiology (ESSR): Musculoskeletal Ultrasound Technical Guidelines. II Elbow, III Wrist, www.essr.org, 2012
2. Gaulrapp H, Binder C: Grundkurs Sonographie der Bewegungsorgane. München: Elsevier Urban & Fischer, 2011
3. Gaulrapp H, Binder C (Hrsg): Aufbaukurskurs Sonographie der Bewegungsorgane. München: Elsevier Urban & Fischer, 2014
4. Harland U, Sattler H: Ultraschallfibel Orthopädie, Traumatologie, Rheumatologie. Berlin: Springer, 1991
5. Hinzmann J, Kupatz P: Standardebenen der Sonographie der Bewegungsorgane. Stuttgart: Thieme, 2012
6. Konermann W, Gruber G: Ultraschalldiagnostik der Bewegungsorgane. Stuttgart: Thieme, 2012
7. McNally EG: Ultrasound of the small joints of the hands and feet: current status. Skeletal Radiol 2008; 37: 99-113
8. Tamborini G, Marx C: Muskuloskelettaler Ultraschall Lehrbuch und Atlas. 2. Ausgabe, 1. Auflage, copyright irtheuma®, 2013/2014