

16 Fraktursonografie

C. Tesch, B. Friemert

Allgemeines

Vorbemerkung

Die Sonografie von Knochen zur Frakturdiagnostik erlaubt eine Darstellung von Befunden, die der Röntgendiagnostik weitgehend verborgen bleiben. Dies sind Blutungen im Frakturspalt, die verschiedenen Organisationsgrade der Hämatome (s. u.) und der Nachweis von beginnendem Kallus. Größenbestimmungen dieser Areale und dynamische Untersuchungen zur Überprüfung der Beweglichkeit von Frakturrenden gegeneinander sind problemlos möglich. Dies ist sinnvoll bei unklaren oder fehlenden Röntgenbefunden und dringendem Frakturverdacht, bei Befunden, die radiologisch nicht abgeklärt werden können (z. B. in der Gravidität) oder bei Befunden, die im Verlauf (bei Kindern ohne Anwendung von ionisierenden Strahlen) beobachtet werden sollen. Dazu zählen Fissuren des Schädels oder langer Röhrenknochen einschließlich Stressfrakturen, Frakturen der Rippen, Frakturen im 1. Trimenon der Schwangerschaft oder Verlaufskontrollen bei Kallusdistraction und verzögerter Bruchheilung.

Darüber hinaus ist die Ultraschalluntersuchung hilfreich, wenn im Heilungsverlauf Komplikationen, z. B. im Weichgewebe, vermutet werden. Dies könnten zu lange Schrauben sein, die Schmerzen bereiten oder gar Sehnen tangieren, begleitende Tendovaginitis, Lymphstau oder schmerzende Gelenkergüsse bei Frakturen in diesem Bereich.

Moderne Sonografiegeräte sind in der Lage, Strukturen im Millimeterbereich klar darzustellen, sodass die Identifikation der Frakturheilungsstadien mit initialem Hämatom, Fibrinvernetzung, Gefäßneubildung, Kollagenstabilisierung, initialer Kalzifizierung und Stabilisierung des Kallus zunehmend gut möglich sind. Auch die Power-Dopplersonografie und wahrscheinlich in Zukunft die Kontrastmittelsonografie können hinsichtlich der Durchblutung im Frakturareal wichtige Hinweise geben (Achatz et al. 2011).

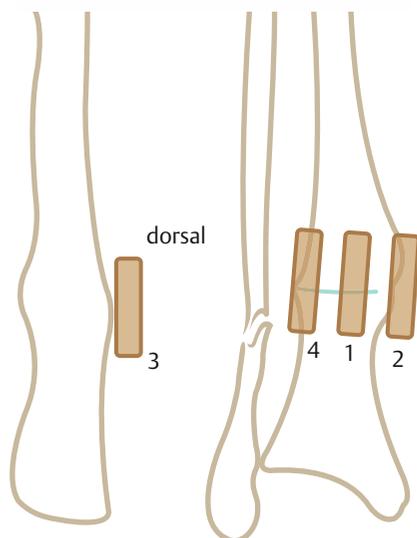
Ausstattung

Minimalanforderung ist ein Linearschallkopf mit mindestens 7,5 MHz, besser 13 MHz und ideal 16 MHz, mit hochauflösender Einstellung. Die meisten Frakturen sind weniger als 2 cm vom Schallkopf entfernt, sodass die geringe Eindringtiefe der Schallköpfe keine Rolle spielt. Das Gerät sollte einen Preset für die Fraktursonografie haben, damit die Einstellung möglichst immer gleich gewählt werden kann.

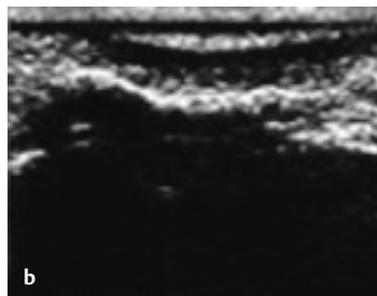
Tipp

Eine Vorlaufstrecke ist (wenn überhaupt notwendig) in den meisten Fällen besser als der „dicke Tropfen“ (also übermäßig viel Ultraschallgel und schwebende Fixation des Schallkopfs über der Haut), da diese Technik sehr viel Übung erfordert (und Geduld).

Befund:



a



b

Abb. 16.1

- a Schemazeichnung zur Dokumentation einer sonografischen Untersuchung des Knochens (Rechtecke symbolisieren den Schallkopf).
- b Sonografischer Schnitt zur Schemazeichnung, entsprechend dem Schnitt 2 der Abb. (a).

Die Schnittebene sollte bei Verlaufskontrollen immer gleich sein, damit Röhrenknochen von mindestens 3 Seiten (Abb. 16.1) dokumentiert werden. Hierzu ist es sehr hilfreich, die Schnittebene mit einem Stift auf der Haut des Patienten zu markieren. Die digitale

Archivierung im Ultraschallgerät oder der Klinik/Praxissoftware erleichtert den Vergleich, eine Printdokumentation stellt die Mindestanforderung dar.

Frakturachweis

Grundsätzlich ist nur die dem Schallkopf zugewandte Vorderkante der Kortikalis als heller Reflex sichtbar. An dieser erfolgt eine Totalreflexion, sodass hinter dem ersten Reflex sichtbare weitere Reflexe Artefakte (sog. Reverberationsartefakte) sind. Sie stellen eine wichtige Hilfe zur Beurteilung der Frakturheilungsstadien dar, die von Ricciardi erstmalig in die Grade I–VI eingeteilt wurden (Ricciardi et al. 1993) (Tab. 16.1, Abb. 16.2). Eine Unterbrechung des Kortikalisreflexes und der Reverberationsartefakte sind dem-

nach ein dringender Hinweis auf das Vorliegen einer Fraktur. Dazu wird der Schallkopf exakt (entweder mit Vorlaufstrecke oder „dickem Tropfen“, s. o.) auf den Punkt des Schmerzes aufgesetzt und die Kortikalis möglichst senkrecht (durch Schwenken des Schallkopfs den Kortikalisreflex so scharf wie möglich abbilden), exakt parallel zur Oberfläche (durch Kippen des Schallkopfs) und zum Verlauf des Knochens (durch Drehen des Schallkopfs), aufgesetzt und dort nach einer Unterbrechung des Reflexes gesucht.

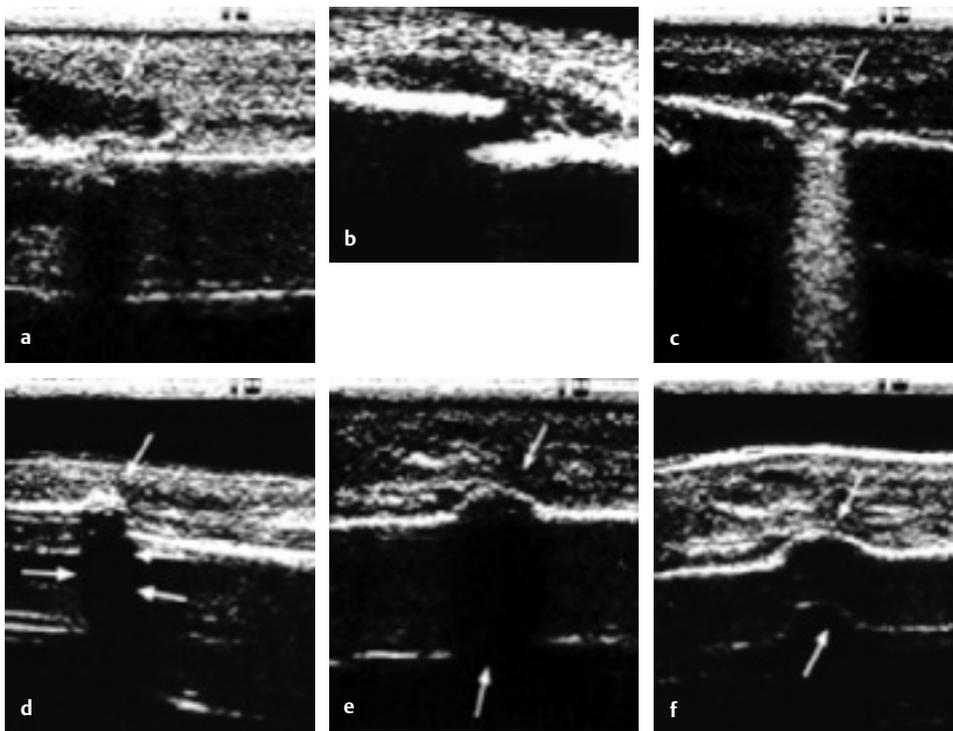


Abb. 16.2

- a Ricciardi I. Kortikalislücke mit Hämatom, der Pfeil weist auf das echoarme Hämatom hin.
- b Ricciardi II. Periostaler Randwall, der bindegewebig die Frakturrenden umfasst.
- c Ricciardi III. Echoreiche Brücke mit dorsaler Schallverstärkung. Dies stellt den ersten sichtbaren Nachweis einer Kalkeinlagerung dar. Der Pfeil weist auf die vorderste Grenzschicht der Kalkeinlagerung hin.
- d Ricciardi IV. Brücke mit Schallschatten.
- e Ricciardi V. Der Schallschatten ist verschwunden, die Wiederholungsartefakte sind noch unterbrochen.
- f Ricciardi VI. Die Wiederholungsartefakte sind nicht unterbrochen.

Tabelle 16.1 Einteilung der Frakturheilung nach Ricciardi et al. 1992, 1993.

Stadium	Zeit (Tage)	Ultraschallbild	Knochenheilung
I	7–11	Frakturlücke und Hämatom	Hämatom
II	10–16	periostaler Randwall	initialer Kallus
III	20–35	echoreiche Brücke	Brückenkallus
IV	35–50	Brücke mit Schallschatten	beginnende Mineralisierung
V	50–90	Wiederholungsartefakte unterbrochen	Kallusmineralisierung
VI	90–140	Wiederholungsartefakte nicht unterbrochen	Kallusformation

Statische Zeichen

Das **Frakturhämatom** (praktisch sofort nach dem Trauma nachweisbar) imponiert als echoarme Zone. Neben der echoreichen Unterbrechung des Kortikalisreflexes (Abb. 16.4) ist dies der wichtigste Hinweis auf eine Fraktur. Ein weiteres Zeichen kann der punktförmige echoreiche Reflex am Frakturspalt sein, der einem Minibiegungskeil entspricht (Abb. 16.3). Sind gar die Achsen der Kortikalisreflexe nicht mehr parallel angeordnet, ist der Nachweis einfach. Dies kann man sich zur Hilfe machen, um z. B. Achskorrekturen durchzuführen, oder analog zur Frakturbehandlung bei Kindern (Ackermann 2010, von Laer 1986) auch auf eine solche verzichten (s. Abb. 16.14, S. 353).



Abb. 16.3

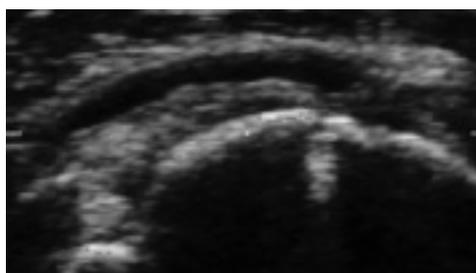


Abb. 16.4

Dynamische Zeichen

Der Nachweis der Bewegung der beiden Frakturenden ist hilfreich bei der Diagnostik von Rippenfrakturen und bei noch nicht konsolidierten Frakturen. Bei dieser Untersuchungstechnik ist die Verwendung einer Vorlaufstrecke wichtig, um die durch den Untersucher induzierte Bewegung des Knochens unabhängig vom Kontakt des Schallkopfs mit dem Körper des Patienten durchführen zu können. Dies kann besonders gut im Video dokumentiert werden, es sei denn, die Bewegungsausschläge sind so groß, dass mit 2 Bildern eine Veränderung abgebildet werden kann (Abb. 16.5).

Abb. 16.3 Statische Frakturzeichen (Biegungskeil, Kortikalisunterbrechung und Hämatom).

Abb. 16.4 Kortikalisunterbrechung mit echoreichem Reflex, hier am Beispiel einer Tuberculum-majus-Fraktur.

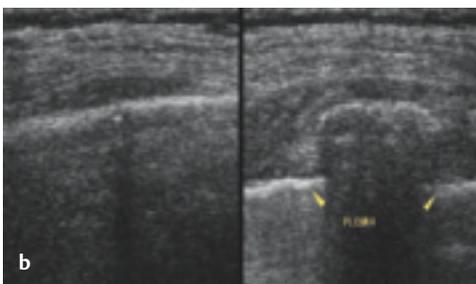
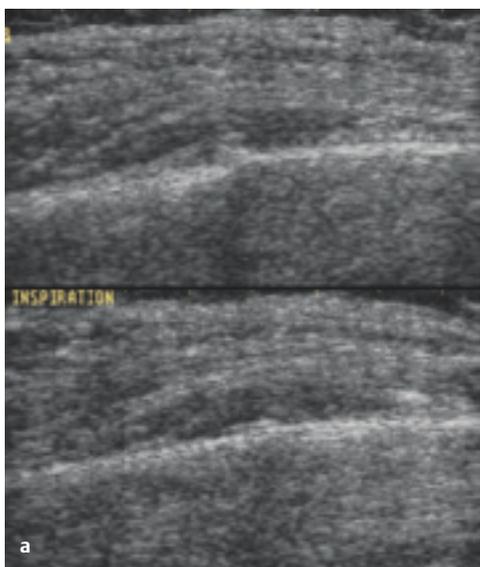


Abb. 16.5

- a** Dynamische Frakturzeichen (im bewegten Bild die Bewegung der Frakturenden zueinander und im Bildvergleich die veränderte Stellung der Frakturenden). Der obere Teil des Bildes zeigt die Stellung bei Atemnormallage, der untere die Stellung bei Inspiration (Reposition der Frakturenden, der Bruchspalt ist kaum mehr zu sehen).
- b** Fraktur der Abb. (a) im Querschnitt. Das rechte Bild zeigt diesen genau im Frakturspalt und rechts und links davon die Pleura parietalis. Sie kann im bewegten Bild genau beobachtet und auf dort befindliche Hämatome beurteilt werden.

Verlaufskontrolle

Kallusbildung ist sehr gut zu beobachten und eigene Untersuchungen haben in Bestätigung der von Ricciardi et al. (1993) publizierten Ergebnisse gezeigt, dass sie sonografisch deutlich früher als radiologisch nachweisbar ist.

Die genaue Einhaltung der jeweiligen Schnittebene ist Grundbedingung, um Verläufe sicher beurteilen zu können. Es ist erforderlich, manchmal auch über einen Zeitraum von etwa 120 Tagen (wie z.B. bei der Kallusdistraktion oder Pseudarthrose, Abb. 16.23), jeweils den gleichen Schnitt zu erhalten. Bewährt hat sich die Zeichnung der Schallkopflege zum Knochen (Abb. 16.1).

Beispiele

Die hier dargestellten Fallbeispiele können keine vorständige Sammlung aller Möglichkeiten des sonografischen Frakturnachweises sein, sondern sollen dem Leser vermitteln, welche grundsätzlichen Möglichkeiten der Ultraschall bei der Diagnostik spielen kann und wie diese bildlich aussehen können. Fraktursonografie bei Kindern setzt sich als bildgebendes Verfahren zunehmend durch (Ackermann 2010). Beim Erwachsenen können Frakturen ebenfalls gut erkannt werden, da aber immer eine radiologische Diagnostik zur genauen Frakturklassifikation notwendig ist, tritt die Sonografie hier in den Hintergrund.

So können die Frakturen über lange Zeit beobachtet werden und bei verzögerter Bruchheilung kann dann auch der Übergang von der Phase II (periostaler Randwall) in die Phase III (initialer Kallus) beobachtet werden.

Gerade bei der Störung der Knochenbruchheilung ist es überaus hilfreich, den Frakturspalt genau lokalisieren und markieren zu können, um z.B. eine fokussierte Stoßwelle (Zelle et al. 2010) genau zu applizieren.

Einige Frakturen sind als 3-D-Sonografie dokumentiert, eine spezielle Technik, die nicht weit verbreitet ist. Zur Erklärung der Bilder: Diese sind in 4 Quadranten aufgeteilt, der linke obere stellt den Längsschnitt, der rechte obere den Querschnitt (oder umgekehrt) dar. Diese beiden Teilbilder enthalten die wichtigste Information. Der linke untere Bildteil stellt immer die Aufsicht auf das untersuchte Areal dar, der rechte untere die schematische Darstellung des gescannten Volumens.

Stressfraktur von Röhrenknochen

Die Diagnose einer überlastungsbedingten Fissur im Sinne eines Ermüdungsbruchs (z.B. MT 2 oder 3, Tibia) ist mithilfe der Röntgendiagnostik nicht zufriedenstellend zu stellen. Unbestritten kann die Kernspintomografie diese Entität sofort aufklären, einzig der Aufwand ist erheblich. Mittels der Sonografie gelingt es, die Fissuren am Schmerzpunkt durch eine Deformierung des Knochens und eine Flüssigkeitsansammlung unter dem Periost im Bereich des maximalen Schmerzpunkts nachzuweisen. Häufig finden wir keine Kortikalisunterbrechung am Schmerzpunkt, wohl aber eine echoarme Verdickung des Periosts (Abb. 16.6). Damit ist die Verdachtsdiagnose einer Stressfraktur (die keine biomechanische Instabilität darstellt) zu stellen und entsprechend zu behandeln. Es können sonografisch gesteuerte Lokalanästhetikainjektionen unter das Periost appliziert werden, wodurch eine deutliche Schmerzreduktion erreicht werden kann.

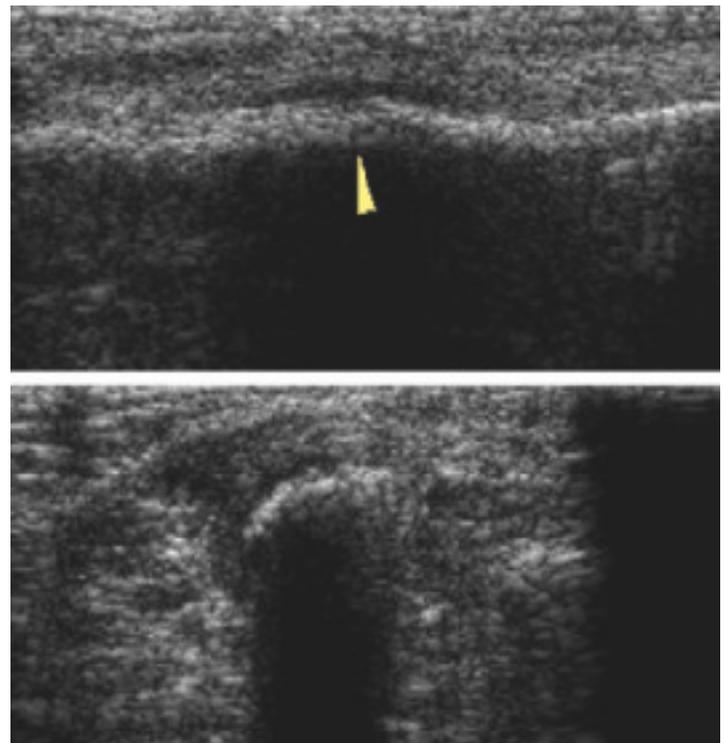


Abb. 16.6 Stressfraktur, Metatarsale 2. Der Pfeil markiert den maximalen Schmerzpunkt und zeigt eine Vorwölbung der Kortikalis sowie eine echoarme Flüssigkeitsansammlung, die unter dem Periost gelegen ist.