

# Protokollempfehlungen der AG Bildgebende Verfahren des Bewegungsapparates (AG BVB) der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) zu Messesequenzen für die Gelenk-MRT



**AG Bildgebende Verfahren des Bewegungsapparates**  
in der Deutschen Röntgengesellschaft

## Allgemeine Empfehlungen

- Jedes Gelenk sollte immer in drei Ebenen untersucht werden.
- Spezialebenen sind in manchen Bereichen sinnvoll (siehe spezielle Empfehlungen):
- Bei der Messung sollte in den meisten Fällen zunächst die axiale Sequenz senkrecht in zwei Ebenen auf den angrenzenden Röhrenknochen geplant werden. Auf der axialen Sequenz können dann die Koronare und sagittale Messung exakter als auf den Topos geplant werden.

## Art der Messesequenzen

- In der Regel sollten Spin-Echo-Sequenzen mit Turbobeschleunigung gemessen werden. Neben der kürzeren Messzeit wird hierdurch die Robustheit gegenüber Auslöschartefakte bei Metallimplantaten oder Metallabrieb erhöht.
- Je schneller eine Sequenz bei guter Qualität gemessen werden kann, desto geringer ist die Gefahr von Bewegungsartefakten. Falls hardware- und softwareseitig möglich, sollte daher mit paralleler Technik (GRAPPA, SENSE) gemessen werden.
- Bei unruhigen Patienten sollte frühzeitig auf Sequenzen mit nicht linearer Abtastung des k-Raums (Propeller, BLADE) umgestiegen werden.

- Bei PD-gewichteten Sequenzen sollte mit einem TE > 40 ms zur Vermeidung des Magic-Angle-Phänomens gemessen werden.
- Zur Beurteilung des Knochenmarks sollte mindestens eine Ebene T1-gewichtet gemessen werden.
- Die Sensitivität für frische Verletzungen an Bändern, Sehnen und Muskeln, für Knochenmarkveränderungen und die Knorpelbeurteilung wird durch Fettsättigungstechniken verbessert. Daher sollten mindestens 2 Ebenen mit Fettsättigung gemessen werden.
- Signalarme Strukturen, wie Fibrosen und Bänder sind auf dunklem Hintergrund schwer oder nicht erkennbar. Daher ist für die Beurteilung dieser Strukturen eine Sequenz ohne Fettsättigung von Vorteil.
- Gradientenechosequenzen, wie z. B. die True FISP Sequenz mit Water Excitation, können für die Knorpelbeurteilung hilfreich sein.
- 3 D Sequenzen können in manchen Fällen additiv gemessen werden. Sie können jedoch derzeit 2D-Sequenzen nicht ersetzen:

## Auflösung

**Auflösung:** Oft wird bei Empfehlungen das FOV angegeben. Dieser Wert ist aber nur in Verbindung mit der Matrix sinnvoll. Um Details beurteilen zu können, muss die gemessene In-plane-Auflösung auf die Größe des

Gelenks bzw. der Gelenkstrukturen angepasst werden. Als Richtschnur sollte sie bei großen Gelenken (Hüfte einseitig, Schulter) mindestens 1,0 mm × 1,0 mm, bei mittelgroßen Gelenken (Knie, Sprunggelenk, Ellbogen) mindestens 0,6 mm × 0,6 mm und bei kleinen Gelenken (Handgelenk, Finger) 0,4 mm × 0,4 mm betragen. Die Schichtdicke sollte bei großen und mittelgroßen Gelenken ≤ 3,5 mm, bei kleinen Gelenken (Hand/Handgelenk/Fuß) ≤ 2,5 mm sein.

Wegen der größeren geforderten Auflösung bei kleinen Gelenken, sollten diese bevorzugt an Hochfeld-Scannern (3 T) und/oder mit dezidierten Spulen gemessen werden.

## Kontrastmittel

- i. v. Kontrastmittel: Bei einer akuten Verletzung ist die Kontrastmittelgabe in der Regel entbehrlich. Bei chronischen Schmerzen und bei der Frage nach entzündlichen Veränderungen wird die Kontrastmittelgabe empfohlen.
- intraartikuläres Kontrastmittel: manche Strukturen sind in einer konventionellen MRT unauffällig und werden erst durch das Eindringen von Flüssigkeit/Kontrastmittel in Band- oder Muskellücken (z. B. SL-Band, Supraspinatusläsion), Spalten und Rissen (z. B. SLAP Läsion, instabile OD oder Labrumläsionen) oder durch umspülen (freie Gelenkkörper) sichtbar. In diesen Fällen, insbesondere wenn schon eine unauffällige konventionelle MRT vorliegt, sollte eine MRT mit intraartikulärem Kontrastmittel (Arthro-MRT) angestrebt werden.

## Spezielle Empfehlungen

### Obere Extremität

#### Schulter

**Lagerung** Rückenlage, Kopf zuerst, Arm parallel zum Tisch, Handfläche nach oben (Supinationstellung), evtl. mit Sandsack stabilisieren.

Sequenz	Planung	Kommentar
ax PD fs	das Akromion muss auf der obersten Schicht enthalten sein, in beiden Ebenen senkrecht zum Humerusschaft planen	auf Os acromiale achten
cor PD/T2 fs	parallel zur Sehne des M. supraspinatus und zum Humerusschaft	TE > 60 ms wählen um das Magic-angle-Phänomen an der Supraspinatussehne zu vermeiden
sag T1	senkrecht zu cor, parallel zum Humerusschaft, bis zum Scapula-Y nach medial messen	nicht fettsättigen, um fibröses Gewebe im Rotatorenintervall nicht zu übersehen
sag PD fs		ist verzichtbar, hilft aber zur Beurteilung von Ödem in den Muskelbäuchen der Rotatorenmanschette, z. B. bei Denervierung
ggf. axial GRE		kann die Beurteilung des Labrums verbessern
ax und cor T1 fs KM		erhöht die Sensitivität für Muskel- und Sehnenverletzungen und Entzündungen, z. B. Capsulitis

#### Arthro-Schulter

**Indikation** Die klassische Indikation ist der unklare anteriore Schulterschmerz und die Instabilität bei jungen Patienten. Sie dient der besseren Beurteilung des Labrums und des Bizepsankers und hat wohl auch eine höhere Sensitivität für Verletzungen der Rotatorenmanschette, insbesondere von humerusseitigen Verletzungen des M. supraspinatus. Bei frischen Luxationen kann bei Vorliegen eines

gesicherten Gelenkergusses auf eine Arthrografie verzichtet werden. Im Messprotokoll müssen dann aber die T1-gewichteten Sequenzen durch PD oder T2-gewichtete Sequenzen ersetzt werden.

**Lagerung** Rückenlage, Kopf zuerst, Arm parallel zum Tisch, Handfläche nach oben (Supinationstellung), evtl. mit Sandsack stabilisieren.

**Lagerung ABER Position** Handfläche unter den Kopf, Oberarm und Rumpf bilden ca. einen 90° Winkel.

Sequenz	Planung	Kommentar
ax T1 fs	das Akromion muss auf den obersten Schichten enthalten sein, senkrecht zum Humerusschaft	
cor PD/T2 fs	parallel zur Sehne des M. supraspinatus und zum Humerusschaft	TE > 60 ms wählen um sicher kein Magic-Angle-Phänomen an der Supraspinatussehne zu haben
cor T1 (evtl mit fs)		
sag T1, evtl. PD/T2	senkrecht zu cor, parallel zum Humerusschaft; bis zum Scapula-Y nach medial messen	nicht fettsättigen, um fibröses Gewebe im Rotatorenintervall nicht zu übersehen
ggf. axial GRE		zur Beurteilung des Labrums
ABER Position: T1 fs	koronares Topo, darauf senkrecht parallel zum Humerusschaft planen, der Schnitt geht schräg von hinten oben nach vorne unten durch das Glenoid	bei Frage nach dem anterior-inferioren Labrum und dem posterior-superioren Impingement

## Ellbogen

### Lagerung

Sequenz	Planung	Kommentar
ax PD fs	senkrecht zum Humerus und Ulna planen	Ellbogen möglichst gestreckt messen, z. B. in der Kniespule; weit genug nach distal bis zum Ansatz der Bizepssehne messen gebeugten Ellbogen in Schultergelenk messen
ggf. ax PD/T2		
cor T1	parallel zum Humerus und Ulna und auf der axialen parallel zur Vorderkante Humerus planen	
cor PD fs		
sag PD/ T2	senkrecht auf cor planen	weit genug nach distal bis zum Ansatz der Bizepssehne messen
ggf. i. v. KM		
ax T1 fs		weit genug nach distal bis zum Ansatz der Bizepssehne messen
cor oder sag T1 fs		FOV bis zum Ansatz der Bizepssehne planen

### Handgelenk (KM)

**Lagerung** Bauchlage, Kopf voran, Arm in Supermanposition.

Sequenz	Planung	Kommentar
cor T1		wichtig für Knochenmarksignal
cor PD fs		wichtig für Knochenmarködeme bei Knochennekrose oder okkulten Fraktur
ax T2		schön für Ganglien
sag PD (alternativ T1)		bei Frage Nekrose oder Fraktur eher T1
evtl. cor GRE (z. B. TRUFI WEX)		sehr schöne Knorpelsequenz
i. v. KM		erhöht die Sensitivität für Bandverletzungen und ist wichtig bei der Beurteilung der Lunatumnekrose
cor T1 fs		
ax T1 fs		

### Handgelenk nativ

(bei Frage nach okkulten Frakturen oder einer frischen Bandverletzung).

Sequenz	Planung	Kommentar
cor T1		wichtig für Knochenmarksignal und Frakturlinie
cor PD fs		wichtig für Knochenmarködeme bei Knochennekrose oder okkulten Fraktur und frischen Bandverletzungen
ax PD fs		wichtig für Knochenmarködeme bei Knochennekrose oder okkulten Fraktur und frischen Bandverletzungen
sag PD fs		wichtig für Knochenmarködeme bei Knochennekrose oder okkulten Fraktur und frischen Bandverletzungen
evtl. cor TRUFI WEX		sehr schöne Knorpelsequenz

## Handgelenk Arthro

Sequenz	Planung	Kommentar
cor T1 fs		wichtig für Bandverletzungen mit KM Übertritt
cor T2 fs		wichtig für Knochenmarködem und Bandverletzungen
ax T1		wichtig für Bandverletzungen mit KM Übertritt
ax PD fs		
sag PD fs		
evtl. cor 3 D GRE (z. B. 3 D VIBE fs)		sehr schöne Knorpelsequenz

## Untere Extremität

### Hüfte

Sequenz	Planung	Kommentar
Übersicht über beide Hüften cor oder ax T2/PD fs, alternativ T2 STIR	streng axial ca. 2 cm oberhalb des Hüftgelenks bis ca. 2 cm unterhalb der Sitzbeine streng koronar von Symphyse bis ISG-Fugen	Füße etwas nach innen drehen, ggf. zusam- mentapen; kann mit 5 mm Schichtdicke ge- messen werden; dient für Schmerzursache au- ßerhalb des Hüftgelenks
ab jetzt einseitig messen		
cor T1	streng cor	
cor PD fs		
schräg ax PD (evtl mit fs)	parallel zum Schenkelhals	
sag PD		gut zur Beurteilung des Knorpels
ggf. sag trufi WEX		die TRUFI Water Excitation ist eine sehr schöne Knorpelsequenz
ggf. cor und tra T1 fs KM		

### Hüfte Arthro

Sequenz	Planung	Kommentar
Übersicht über beide Hüften cor oder ax T2/PD fs, alternativ T2 STIR	streng axial ca. 2 cm oberhalb des Hüftgelenks bis ca. 2 cm unterhalb der Sitzbeine streng koronar von Symphyse bis ISG-Fugen	Füße etwas nach innen drehen, ggf. zusammentapen; kann mit 5 mm Schichtdicke gemessen werden; dient für Schmerzursache außerhalb des Hüftgelenks
einseitig messen		
cor T1 (evtl mit fs)	streng cor	
cor PD fs		
schräg ax T1 fs	parallel zum Schenkelhals	
sag T1 fs		
ggf. sag TRUFI WEX		die TRUFI Water Excitation ist eine sehr schöne Knorpelsequenz
radial		
ggf. cor T1 GRE 3D WEX	werden radiale Schichten gemessen sollte zuerst eine koronare 3D-Sequenz gemessen werden, um darauf die radialen Schichten zu planen	
PD radial (alternativ T1 fs)		

## Knie

Sequenz	Planung	Kommentar
cor T1	parallel zu den Hinterkanten der Femurkondylen	Achtung weit genug nach distal planen, das Innenband setzt ca. x cm distal der Tuberositas tibiae an
cor PD fs	senkrecht zu cor, parallel zur Beinachse	
sag PD fs		
(sag PD o. T2)		gut zur Beurteilung des Hoffa Fettkörpers und des suprapatellaren Recessus
ax PD fs	auf der cor und sag exakt parallel zum Tibiaplateau; ca. 2 cm proximal der Patella bis Fibulaköpfchen	
ggf. KB Sequenz T2	schräg ax parallel zum VKB und/oder senkrecht zum VKB	TE > 70 ms und keine Fettsättigung
ax und cor o. sag T2 GRE		bei V. a. PVNS
ax und cor o. sag T1 fs KM		bei Frage nach Entzündungen

## Sprunggelenk

Sequenz	Planung	Kommentar
ax PD(fs)	in beiden Ebenen senkrecht auf die Tibia; oberhalb der Syndesmose beginnen bis Ende Calcaneus	mit axial beginnen und cor und sag auf den axialen Schichten planen
cor T1	exakt cor zum OSG planen, parallel zur Tibia	unten den Calcaneus einschließlich Plantarfaszie im FOV
cor PD (fs)		
sag PD fs	senkrecht zu cor, parallel zum Tibiaschaft	unten den Calcaneus einschließlich Plantarfaszie im FOV
		Innenband
ggf. schräg ax PD (fs)	axial schräg im Verlauf der Syndesmose planen	höchstens 9 Schichten
ggf. schräg cor PD fs	Verlauf ist etwa Innenkurve Rist -> Spitze Calcaneus	gut für die Beurteilung der Peroneal- und Fußbeugersehnen
ggf. i. v. KM		bei chronischen Schmerzen, V. a. entzündlichen Veränderungen
ax T1 fs		
cor oder sag T1 fs		

**Autor**

Prof. Dr. med. Rolf Janka  
Universität Erlangen

**Korrespondenzadresse**

Prof. Dr. med. Rolf Janka  
Heinrich-Franke-Weg 15  
91 052 Erlangen