

# Bildgebende Verfahren bei Rotatorenmanschettendefekten der Schulter

**Die Anamnese und klinische Untersuchung bilden die Basis jeder Diagnostik. Die dabei erhaltenen Informationen und erhobenen Befunde führen zu einer klinischen Verdachtsdiagnose. Um diese zu bestätigen oder konkurrierende Diagnosen auszuschließen, werden häufig bildgebende Verfahren eingesetzt. Die Indikation zu bildgebenden Verfahren ist diagnose- und lokalisationsabhängig. Für die in der klinischen Praxis häufige (Verdachts-) Diagnose einer Läsion der Rotatorenmanschette kommen für die bildgebende Diagnostik als Primärmittel das konventionelle Röntgen und die Sonographie zum Einsatz. Für erweiterte spezielle Fragestellungen kann man auf die MRT und Arthro-MRT zurückgreifen.**

## Konventionelle Röntgendiagnostik

Die klinisch relevanten Fragestellungen sind:

- Gibt es Hinweise auf eine knöcherne Konstellation, die zum Rotatorenmanschettendefekt disponiert? Hierzu gehören die Form und Neigung des Akromions, die offenen metamesoakromialen oder mesobasiakromialen Apophysenfugen mit mobilen Akromionfragmenten und die sehr seltene kongenitale subakromiale Ste nose.
- Gibt es Veränderungen, die schon auf eine länger bestehende Defektbildung schließen lassen? Hierzu gehören der Hochstand des Humeruskopfes mit unterbrochener Maloney-Linie, zys-

tisch-erosive und sklerosierende Veränderungen am Tuberculum majus und dem anatomischen Hals, Sklerosierungen an der Unterfläche des Akromions und die Ausbildung von enthesopathischen Spornen an der Vorder-/Unterfläche des Akromions, der Insertionszone des korakoakromialen Bandes.

## Standardprojektionen

### a.-p.-Projektion nach Grashey

Bei der sog. echte a.-p.-Projektion nach Grashey liegt das Schulterblatt annähernd parallel zum Film. Der Körper des Patienten wird dabei gegenüber einer a.-p.-Aufnahme in der Körperfrontalebene um etwa 30°–45° zur Richtung der darzustellenden Schulter gedreht. Das Ausmaß richtet sich nach der Stellung der Schulterblätter. In dieser Projektion wird der Gelenkspalt frei dargestellt. Um die vertikale Zentrierung des Humeruskopfes gegenüber der Pfanne beurteilen zu können, muss eine Aufnahme bei stehendem oder sitzendem Patienten mit herabhängendem, nicht unterstütztem Arm erfolgen. Der Strahlengang ist dabei gering absteigend (ca. 10°).

Der Humeruskopf steht in Neutral- und Außenrotation des Gelenks so der Pfanne gegenüber, dass eine fiktive Linie (■ **Abb. 1**) – in Analogie zur Ménard-Shenton-Linie an der Hüfte – nicht unterbrochen ist. Dies ist ein Maß für die vertikale Zentrierung. Diese Linie, von Bandi [2] als Halslinie beschrieben, wird gelegentlich auch als Maloney-Linie bezeichnet. Sie darf nicht mit dem Maloney-Bo-

gen in der transthorakalen Aufnahme, einem Hinweis auf eine Schulterluxation [14], verwechselt werden.

Eine unterbrochene Bandi- oder Maloney-Linie ist ein Hinweis auf kraniale Dezentrierung. In Innenrotation ist diese Linie durch die birnenförmige Kopfdarstellung nicht so gut beurteilbar.

Es gibt zur a.-p.-Aufnahme verschiedene Empfehlungen zur Rotationsstellung des Arms. Sinnvollerweise erfolgt sie in Neutralrotationsstellung des Arms, da so sowohl die vertikale Gelenkzentrierung wie das Tuberculum majus besser zu beurteilen sind. Bei besonderen Fragestellungen, v. a. nach Traumen oder bei einer Tendinosis calcarea, kann sie als Aufnahme in Innenrotation und/oder Außenrotation angefertigt werden.

Es gibt biomechanische Untersuchungen, die zeigen, dass der Ausfall des Supraspinatusmuskels, wie er bei einem Defekt der Supraspinatussehne vorliegt, nicht zu einer signifikanten Vermehrung des Drucks am Schulterdach führt [88].

Dies lässt implizit darauf schließen, dass in solchen Fällen auch noch kein Höbertreten des Humeruskopfes zu erwarten ist, was auch der klinischen Empirie entspricht und von van de Sande et al. [67] bestätigt wurde. Der Hochstand des Humeruskopfes (■ **Abb. 2**) ist in der Regel beweisend für den Defekt von mehr als einer Rotatorenhöhle. Der akromiohumorale Abstand beträgt normalerweise zwischen ca. 9 und 14 mm. Werte unter 7 mm sind ein Hinweis auf eine biomechanisch relevante, mehr als nur eine Rotatorenhöhle (meist die Supraspinatussehne) umfassende Defektbildung. Bei einem glenohumeralen Abstand von weniger als 5 mm ist

es sehr unwahrscheinlich, dass ein Rotatorenmanschettendefekt operativ noch rekonstruierbar ist.

Nach Deutsch et al. [12] zeigen Schultern mit klinischer Impingementsymptomatik schon im Stadium vor dem Eintreten eines kompletten Defektes bei den ersten 40° der Armhebung eine dynamische Dezentrierung. Dies gilt umso mehr für Schultern, die schon einen kompletten Defekt aufweisen. Dies ist unter klinisch-praktischen Bedingungen bildgebend nicht so zu erfassen, wie in den wissenschaftlichen Untersuchungen. Hilfreich kann jedoch die Aufnahmetechnik nach Leclerc sein, bei der ein normales a.-p.-Bild angefertigt wird, währenddessen der Patient versucht, gegen den Widerstand eines um die Arme und den Körper gelegten Bandes, den Arm zu heben. Man kann dabei sowohl ungewöhnlich ausgeprägte Dezentrierungen bei zuvor in Ruhe noch zentrierten Gelenken sehen als auch

in Einzelfällen die Zentrierung eines zuvor dezentrierten Gelenkes, d. h. eine bessere motorische Kontrolle unter Willküraktivität der Muskulatur. Dies kann auch bei der Entscheidung zu Operation bei einem großen Rotatorenmanschettendefekt hilfreich sind.

### Transaxilläre Aufnahme

Die transaxilläre Aufnahme (■ Abb. 3) kann sowohl beim liegenden wie beim sitzenden Patienten angefertigt werden. Sie sollte in definierter skapulärer oder frontaler Ebene bei ca. 80–100° abduziertem Arm angefertigt werden. Sie ist bei frisch verletzten Gelenken auch in geringerer Abduktion möglich. Sie stellt gut die horizontale Zentrierung sowohl des Humeruskopfes gegenüber der Pfanne wie auch der lateralen Klavikula auf das Akromion dar. Auch Läsionen des vorderen und hinteren Pfannenrandes sowie des Tubercu-

lum minus sind gut beurteilbar. Weiterhin sind am Akromion in dieser Aufnahme gut die evtl. offenen Fugen der akromialen Apophysen darstellbar (■ Abb. 4).

Auch kann man in der transaxillären Aufnahme ebenso wie in der Y-Aufnahme das korakohumerale Intervall ausmessen. Hier ist ebenfalls eine signifikante Verminderung beweisend für einen 2-Sehnen-Defekt des Supraspinatus- und Subskapularisanteils der Rotatorenmanschette.

Die Degeneration der Rotatorenmanschette führt mit der Ausbildung von v. a. artikulärseitigen Partialdefekten zu typischen Veränderungen an der Kapsel-Sehnen-Insertionsfläche am Tuberculum majus und dem anatomischen Hals, eine Region, die man heute auch als sog. Footprint der Rotatorenmanschette bezeichnet. Nach Befunden von Cotton [10] in Korrelation von Sektionsbefunden von Rotatorendefekten mit röntgenologischen

# Hier steht eine Anzeige.



**Abb. 1** ◀ a.-p.-Röntgenbild der Schulter mit eingezeichneter Kopf-Hals-Linie nach Bandi (auch sog. Maloney-Linie)



**Abb. 2** ▲ a.-p.-Röntgenbild der Schulter mit Hochstand des Humeruskopfes



**Abb. 3** ▲ Transaxilläre Aufnahme der Schulter



**Abb. 4** ▲ Offene metamesoakromiale Apophysenfuge im transaxillären Röntgenbild



**Abb. 5** ▲ Sklerosierung der Akromionunterfläche mit beginnender Azetabulisierung im a.-p.-Röntgenbild der Schulter

A. Hedtmann · G. Heers

## Bildgebende Verfahren bei Rotatorenman- schettendefekten der Schulter

### Zusammenfassung

Vor der Indikation zur bildgebenden Diagnostik steht die klinisch begründete Verdachtsdiagnose. Die Basis der bildgebenden Diagnostik bei Rotatorenmanschettendefekten bilden die konventionelle Röntgendiagnostik und die Sonographie. Für spezielle Fragestellungen bietet sich die Kernspintomographie an. Sehnetotaldefekte können sowohl im MRT als auch mit der Sonographie mit großer Sicherheit erkannt werden. Die Diagnostik von Partialdefekten der Manschette ist weiterhin verbesserungswürdig. Die Sicherheit des nativen MRT in der Diagnostik von Partialdefekten kann sowohl durch die indirekte als auch die direkte MR-

Arthrographie deutlich gesteigert werden. Nur die Sonographie bietet bislang die Möglichkeit, im Echtzeitverfahren am bewegten Gelenk zu untersuchen. Mit der dynamischen Muskelsonographie sind zusätzliche Möglichkeiten gegeben, die Funktionsfähigkeit der Muskulatur zu erfassen. Der Einsatz der MRT als Screeningmethode sollte unterbleiben, da mit ihrer Hilfe keine therapeutisch relevanten Informationen gewonnen werden.

### Schlüsselwörter

Schulter · MRT · Ultraschall · Röntgen · Bildgebung



**Abb. 6** ▲ Sog. Y-Aufnahme (axial-laterale Projektion) mit Typ-I-Akromion nach Morrison und Bigliani

Veränderungen am Humeruskopf und Akromion bestehen zystische, subkortikale Veränderungen in den oberen Anteilen des anatomischen Halses, Sklerosierungen und Erosionen am Tuberculum majus sowie unregelmäßige Kortikaliszeichnung am Tuberculum majus sowie eine Vertiefung des Sulkus zwischen Tuberculum majus und knorpeliger Gelenkfläche. Diese Veränderungen sind alle in der echten a.-p.-Aufnahme gut darstellbar. Auch die Sklerosierung der Akromionunterfläche bis zur Neoarthrosbildung sowie der apositionelle Knochenanbau am Akromion sind z. T. in der a.-p.-Aufnahme (■ **Abb. 5**) darstellbar. Meistens werden sie aber in der Y-Aufnahme besser abgebildet.

Reaktive Veränderungen am Humeruskopf in Form von prä-tuberkulären Zysten und Sklerosierungen am Tuberculum majus sind ebenfalls in der a.-p.-Aufnahme sichtbar. Zur speziellen Darstellung der anterioren Sporne am Akromion wurde von Rockwood [65] die a.-p.-Aufnahme in 30° abgesenktem Strahlengang angegeben.

### Y-Aufnahme

In der Y-Aufnahme (■ **Abb. 6**) kann auch die Form des Akromions beurteilt und evtl. Sporne an der Vorder-/Unterkante des Akromions sichtbar gemacht werden. Sie geht auf die sog. Cavi-

### Imaging in evaluating rotator cuff tears

#### Abstract

Diagnostic imaging in a patient with shoulder pain should be used only after a comprehensive clinical evaluation of the shoulder. X-ray and ultrasonography are the basic diagnostic tools; computed tomography and magnetic resonance imaging (MRI) should be used only with certain indications. Ultrasonography and MRI have comparable accuracy for identifying and measuring full-thickness rotator cuff tears, but the accuracy for identifying partial-thickness still needs to be improved. MR arthrography has significantly improved sensitivity and specificity for partial-thickness tears of the cuff. Only ultrasound provides a real-time examination tool dur-

ing shoulder movements. Moreover, dynamic ultrasonography can assess the contraction patterns of the supraspinatus and infraspinatus muscles, which may improve decision making in the treatment of shoulder diseases. In depicting fatty atrophy of the supraspinatus and infraspinatus muscles, MRI remains the reference standard. MRI should not be used as a diagnostic screening tool in patients with chronic shoulder pain because it does not appear to significantly affect treatment or outcome.

#### Keywords

Shoulder · MRI · Ultrasound · X-ray · Imaging



**Abb. 7** ◀ a.-p.-Abduktions-Außenrotationsaufnahme der Schulter mit frei projiziertem AC-Gelenk (hier mit lateraler Klavikulaosteolyse)



**Abb. 8** ◀ a.-p.-Zielaufnahme des AC-Gelenks mit ansteigendem Strahlengang nach Zanca, hier mit hyperthropher AC-Arthrose



**Abb. 9** ◀ Konventionelle Doppel-Kontrast-Arthrographie der Schulter: Feiner Kontrastmittelaustritt in die Bursa subacromialis

tas-en-face Aufnahme von Wijnblath [86] zurück. Bei dieser Aufnahme wird der Patient mit der lateralen Schulterkontur so vor den Film gedreht, dass die Längsachse des Schulterblatts etwa parallel zum Strahlengang läuft. Der Strahlengang ist dabei etwas abwärts gerichtet (ca. 10–15°, ggf. bei

stark hängendem oder hochgezogenem Schulterblatt adaptiert). Diese Aufnahme bildet mit der gegabelten Darstellung von Spina scapulae und Akromion dorsal und dem Processus coracoideus ventral die obere Hälfte eines Y. Die untere Hälfte bildet der Skapulakörper. Sie stellt so-

wohl die horizontale Zentrierung von Humeruskopf und Pfanne als auch die knöchernen Begrenzungen des korakoakromialen Bogens und damit des Supraspinatusausgangskanals dar. Diese Aufnahme wird deshalb in der englischen Literatur auch als sog. „outlet-view“ bezeichnet. Die – nicht unumstrittene – Klassifizierung der Akromionformen nach Bigliani [3] wird anhand dieser Aufnahme vorgenommen. Die Aufnahme ist stark von der korrekten Projektion abhängig und stellt die höchsten Anforderungen an das radiologische Assistenzpersonal.

### a.-p.-Aufnahme in Abduktion und Außenrotation

Die a.-p.-Aufnahme in Abduktion und Außenrotation (▣ **Abb. 7**) projiziert den bei der sog. echten a.-p.-Aufnahme des GH-Gelenks meist nicht einsehbaren Gelenkspalt des AC-Gelenks, da das Schulterblatt dabei einerseits auf dem Thorax retrahiert wird und andererseits in der Frontalebene kippt. Sie erlaubt neben der transaxillären Aufnahme ebenfalls eine Beurteilung des Akromions hinsichtlich nicht verknöchertter Apophysenfugen. Zudem wird durch die Außenrotation des Humerus das Tuberculus minus randbildend und beurteilbar.

### AC-Gelenk-Zielaufnahme nach Zanca

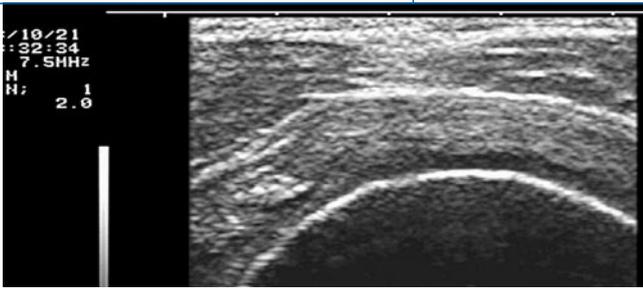
Die AC-Gelenk-Zielaufnahme nach Zanca [89] (▣ **Abb. 8**) erfolgt als a.-p.-Aufnahme (Körperquerachse parallel zum Film) mit ansteigendem Strahlengang von 10°. Dadurch wird der Gelenkspalt frei projiziert.

### Konventionelle Arthrographie

Die Möglichkeit, den Gelenkbinnenraum durch Injektion einer kontrastverstärkenden Substanz dazustellen, wurde von Oberholzer [54] (zunächst mit Luft als Kontrastmittel) in der Diagnostik nach Schulterluxationen als Arthrographie inauguriert. Lindblom u. Palmer [42] führten die Arthrographie mit jodhaltigen Kontrastmitteln an der Schulter ein. Durch intraartikuläre Injektion von jodhaltigen Kontrastmitteln und ggf. zu-

Hier steht eine Anzeige.

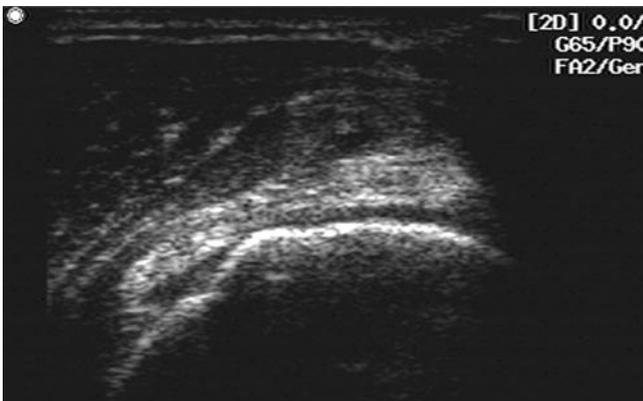




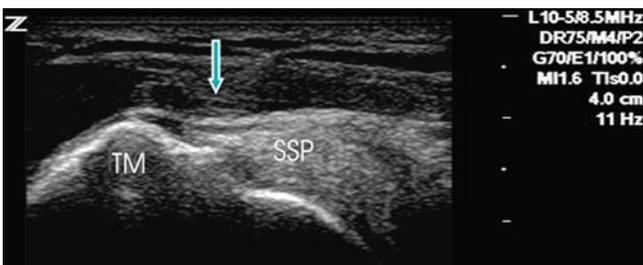
**Abb. 10** ◀ Sonographie in korakoakromialer Schallkopfposition I (transversal) Pos. I: In der linken Bildhälfte ist die lange Bizepssehne sichtbar, rechts daneben die Supraspinatussehne



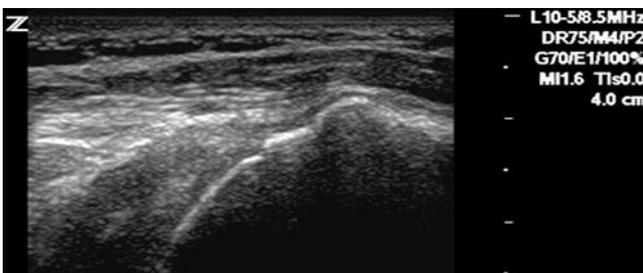
**Abb. 11** ◀ Darstellung des AC-Gelenkes in Schallkopfposition parallel zur lateralen Klavikula



**Abb. 12** ◀ Bursa-Verbreiterung



**Abb. 13** ◀ Konturumkehr der Oberflächenlinie der Rotatorenmanschette bei RM-Defekt (Pos. II: TM: Tuberculum majus; SSP: Supraspinatussehne)



**Abb. 14** ◀ Verschmälerung der prä-tuberkulären Rotatorenmanschette in longitudinaler Schallkopfposition (korakoakromiale Position II)

sätzlich Luft als Doppelkontrastarthrographie [20, 60] kann die Intaktheit der Rotatorenmanschette überprüft werden. Tritt Kontrastmittel (und ggf. Luft) in die Bursa subacromialis und/oder subdeltoidea aus (▣ **Abb. 9**), ist die Kontinuitätstren-

nende Läsion der Rotatorenmanschette bewiesen.

Sie ist eine minimal-invasive Methode, die mit dem inhärenten, wenn auch sehr kleinen Risiko von Infektionen, allergischen Kontrastmittelreaktionen oder jodinduzierten Schilddrüsenüberfunktio-

nen bei disponierten Personen behaftet ist [53].

Die konventionelle Arthrographie tritt im Praxis- und Klinikalltag heute zunehmend in den Hintergrund gegenüber MRT und Sonographie und ist in verschiedenen Institutionen in der Rotatorenmanschettdiagnostik heute schon überhaupt nicht mehr gebräuchlich. Sie ist mehrheitlich nur noch Reservemethode, wenn z. B. bei Schrittmachertägern kein MRT durchgeführt werden kann und die Sonographie keine sichere Aussage erlaubt. Sie kann dann sinnvollerweise mit einer CT kombiniert werden.

### Sonographie

Die klinisch relevanten Fragestellungen sind:

- Ist die Rotatorenmanschette in der Kontinuität erhalten?
- Gibt es Hinweise auf eine partielle oder komplette Defektbildung?
- Wie weit ist der Stumpf einer defekten Rotatorenhöhle retrahiert?
- Zeigt die Bursa subacromialis/subdeltoidea Entzündungszeichen?
- Wie ist der Zustand der Muskulatur?

Die Domäne der Ultraschalldiagnostik sind Weichteilveränderungen, die an der Schulter v. a. an der Rotatorenmanschette, der langen Bizepssehne und der Bursa subacromialis/subdeltoidea zu erwarten sind. Standard ist heute die Untersuchung mit 7,5- bis 11-MHz-Linear-Schallköpfen. Bei noch höheren Frequenzen nimmt zwar die Auflösung weiter zu, die Eindringtiefe kann aber bei kräftigen Patienten schon an ihre kritische Grenze geraten. Durch die bei höheren Frequenzen zunehmende Streuung verlieren die Bilder oft auch an Prägnanz. Insofern ist die Untersuchung mit 10-MHz-Linear-Schallkopf ein guter Kompromiss. Bei der Untersuchung muss die Schallkopfpositionierung die Überlagerung von Teilen der Rotatorenmanschette durch das Akromion berücksichtigen und durch geeignete Technik umgehen [27]. Bei Untersuchung nach den Empfehlungen des Arbeitskreises „Stütz- und Bewegungsorgane“ der DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) können alle relevanten Anteile der Rotatorenmanschette,

der langen Bizepssehne und der periartikulären Schleimbeutel dargestellt werden (▣ **Abb. 10**). Ergüsse sind gut und reproduzierbar zu erfassen.

Auch das AC-Gelenk ist darstellbar (▣ **Abb. 11**). Hingegen ist der Diskus nicht reproduzierbar beurteilbar [29], ebensowenig wie im MRT.

Nur die Sonographie bietet die Möglichkeit, im Echtzeitverfahren am bewegten Gelenk zu untersuchen. Die modernen Bewegungsstudien in offenen MRT-Geräten sind bislang nur pseudodynamische Abbildungen.

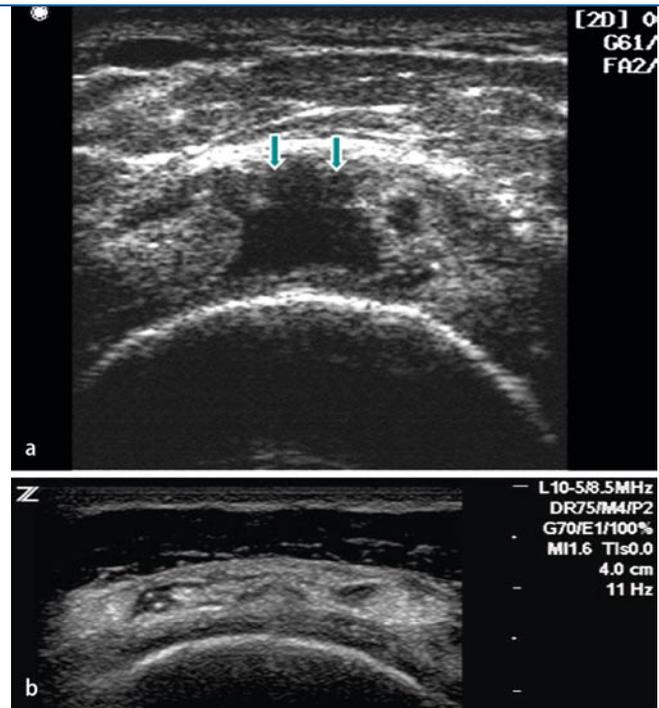
Mit der dynamischen Muskelsonographie [4] sowie der Querschnitts- und Dickenmessung [36] sind neben dem MRT zusätzliche Möglichkeiten gegeben, die Funktionsfähigkeit der Muskulatur (z. B. bei einem Rotatorenmanschettendefekt) zu erfassen. Eine zuverlässige sonographische Beurteilbarkeit der Gewebequalität (fettige Degeneration) der Muskulatur wird bislang kritisch beurteilt [72].

Als Kriterien des Rotatorenmanschettendefekts gelten formale und strukturelle Veränderungen, d. h. Echoveränderungen im Sinne echoarmer und echoreicher Zonen sowie dynamische Veränderungen bei der Untersuchung am bewegten Gelenk [27], bei denen flottierende Einziehungen und Aufwulstungen der Sehnenoberfläche sichtbar sind, die es bei normalen Rotatorenmanschetten nicht gibt. Eine unspezifische Veränderung ist eine Verbreiterung der Bursa subacromialis, die normalerweise 1 mm (max. 2 mm) breit ist (▣ **Abb. 12**) und auch bei Subakromialsyndromen mit noch intakten Rotatorenschultern auftreten kann.

### Formale Veränderungen

- Die sog. Konturumkehr, d. h. die normalerweise kranial konvexe Kontur der Rotatorenmanschette ist konkav verändert oder zumindest abgeflacht (▣ **Abb. 13**).
- Die gut konturierte Grenzlamelle der Bursa subacromialis ist unterbrochen.
- Die Rotatorenmanschette ist verschmälert (▣ **Abb. 14**).
- Es gibt eine Stufe in der Grenzschicht.
- Sichtbare Diskontinuität der Rotatorenmanschette mit angrenzendem wieder (annähernd) normalem RM-

**Abb. 15** ▶ **a** Echoarme bis echofreie Unterbrechung der Rotatorenmanschetten Darstellung als sichtbare Diskontinuität. **b** Echoarme Zone in der Rotatorenmanschette



**Abb. 16** ▶ Normale Darstellung der RM im Arthro-MRT (T2-gewichtetes Bild)



Gewebe (▣ **Abb. 15a**). Fehlende Darstellung der Rotatorenmanschette: Im gesamten, dargestellten Bildausschnitt ist keine Rotatorenmanschette erkennbar.

### Strukturelle oder Echogenitätsveränderungen

- **Echoarme Zone:** Sie repräsentiert die Defektzone (▣ **Abb. 15b**) und darf nur diagnostiziert werden, wenn angrenzend eine Rotatorenmanschettenstruktur vorhanden ist. Die echoarmen Zonen entstehen leicht als Ar-

tefakte durch die gewölbte Oberfläche der Rotatorenmanschette und bei Schallkopfverkipfung [23].

- **Echoreiche Zone:** Sie repräsentiert nach Katthagen [37] die Randzonen von Defektarealen, deren gestörte Fasertextur die Hyperechogenität hervorrufen soll.

Ansonsten repräsentieren echoreiche Zonen, v. a. wenn sie mit Schallschatten einhergehen, Kalkdepots in den Sehnen oder knöcherne Fragmente z. B. nach Sehnenaustrissen.

**Tab. 1** Ergebnisse der Schultersonographie mit Operation (OP) oder Arthrographie (AG) als Referenzverfahren bei Kontinuitätstrennenden Totaldefekten (TD) bzw. -rupturen (TR) und Partialdefekten (PD)

Erstautor	Referenzmethode	TD/PD TD+PD	Sensitivität [%]	Spezifität [%]	n
Crass 1984	OP	TD	100	k.A.	9
Bretzke 1985	OP	TD	100	50	19
Middleton 1985	AG	TD	93	83	39
Middleton 1986	AG	TD	91	91	106
Mack 1985	OP	TD	91	98	47
MacI 1986	AG	TD	93	97	72
Hedtmann 1986	OP	TD	83	89	95
Rapf 1986	AG	TD	87	91	81
Schlepckow 1987	AG	TD	78	84	86
Hedtmann 1988	OP	TD+PD	88	91	230
Hodler 1988	OP	TD	100	76	51
Pattee 1988	OP	TD+PD	77	65	52
Drakeford 1990	OP	TD	92	95	50
Hedtmann 1990	OP	TD+PD	95	93	600
Vick 1990	AG	TD	66	93	79
Kurol 1991	OP	TD+PD	67	74	58
Misamore 1991	OP	TD+PD	33	60	32
Brenneke 1992	OP	TD+PD	85	81	120
Olive 1992	AG	TD	90	91	72
Sperner 1993	OP	TD	91	89	375
Wiener 1993	OP	TD+PD	95	94	225
Hedtmann 1995	OP	TD+PD	95	95	1227
Farin 1995 (akute Rupturen)	OP	TR	91	78	98
Farin 1996	OP	TD+PD	84	89	61
Read 1998	OP	TD/PD	100/46	97/97	42
Teefey 2000	OP	TD	100	85	100
Teefey 2004	OP	TD/PD	98/68	83/83	71
Ianotti 2005	OP	TD/PD	88/70	80 ges.	99

■ **Tab. 1** zeigt, dass schon mit der Technik der zweiten Hälfte der 1980er Jahre sehr brauchbare Ergebnisse in der Diagnostik von kompletten oder Totaldefekten erzielt werden konnten.

Nur wenige Autoren beschäftigen sich bis zu Beginn dieses Jahrtausends mit den inkompletten oder Partialdefekten. Die neuere Literatur zeigt jedoch, dass auch diese mit brauchbarer Zuverlässigkeit zu erfassen sind.

Die Resultate der Schultersonographie bei Rotatorenmanschettendefekten werden in der Literatur unterschiedlich beurteilt. Dies geht v. a. auf unterschiedliche Kriterien, aber auch auf unterschiedliche Erfahrung der Autoren und zum Teil nur sehr kleine Untersuchungsserien zurück. Die meisten Autoren geben Werte für Sensitivität und Spezifität in der Dia-

gnostik von Totaldefekten von ca. 80–100% an [6, 11, 15, 24, 25, 28, 41, 43, 44, 47, 56, 62, 71, 75].

Autoren mit mehr als 150 untersuchten Patienten haben ausnahmslos Ergebnisse mit einer Sensitivität in der Detektion von Totaldefekten von ca. 90% und besser [24, 28, 71, 85]. Autoren, die deutlich schlechtere Ergebnisse bis hin zu Sensitivitätswerten von unter 60% beschreiben, erwähnen einerseits, selbst nur wenig Erfahrung mit der Methode zu haben, oder die Serien sind sehr klein (<50 Patienten oder <20 Patienten mit RM-Defekten) [83, 48]. Auch die Reproduzierbarkeit der sonographischen Ergebnisse bei RM-Defekten ist abhängig von der Erfahrung des Untersuchers [55].

Für Partialdefekte schwanken die Angaben für die Sensitivität beträchtlich zwi-

schen 41% und 93%, zumal sich nur wenige Autoren damit beschäftigt haben [6, 17, 24, 28, 63, 75, 82, 85].

Fast allen Studien ist gemeinsam, dass die Sensitivität der Ultraschalldiagnose von Rotatorenmanschettendefekten niedriger ist als die Spezifität, d. h. die Ausschlussdiagnostik ist zuverlässiger als die Erkennung von Defekten. Ursächlich hierfür ist eine gewisse Rate von falsch-positiven Befunden durch Fehlbeurteilung von Echoveränderungen.

### Beurteilung der postoperativen Rotatorenmanschette

Die sonographische Beurteilung der Rotatorenmanschette ist postoperativ erschwert, die üblichen Kriterien greifen nur zum Teil. Die Diagnose eines Rezidivpartialdefekts ist nur ausnahmsweise zu stellen. Im Nahtbereich findet sich üblicherweise eine erhebliche Inhomogenität des Echos, möglicherweise noch zusätzlich alteriert durch nichtresorbierbares Nahtmaterial. Die kraniale Kontur der Rotatorenmanschette ist aufgrund der meist leicht dystopen Reinsertion ebenso wie das Kaliber nicht sicher als Defektkriterium brauchbar. Trotzdem ist mit hoher Sicherheit ein Rezidivtotaldefekt in der Regel feststellbar [19, 59, 87], wenn man diese Limitierungen berücksichtigt.

### Computertomographie

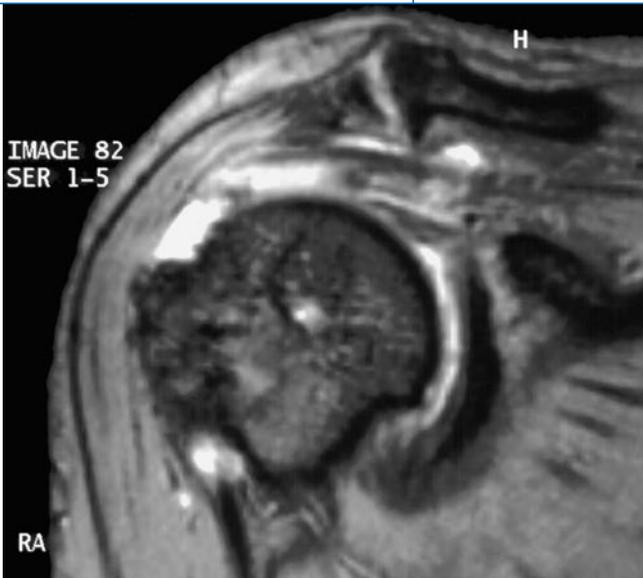
Die Computertomographie stellt gut die knöchernen Relationen dar, insbesondere auch die Stellung von Kopf und Pfanne zueinander in der Transversalebene. Die Auflösung ist – v. a. mit den Spiral-CTs der neuesten Generation – wesentlich besser als diejenige des MRT und die Aufnahmezeiten sind kürzer.

Die native CT erlaubt keine zuverlässige Aussage über Defekte der Rotatorenmanschette. Allerdings lässt sie gut die Trophik und ggf. die Verfettung der Rotatorenmanschette beurteilen. Die heute allgemein gebräuchliche Klassifikation der Atrophie der Rotatorenmuskeln geht auf CT-Untersuchungen von Goutallier et al. [21] zurück:

- Grad 0: Intaktes Muskelgewebe
- Grad I: Muskelgewebe mit vereinzelt fettigen Einlagerungen

Hier steht eine Anzeige.





**Abb. 17** ◀ Totaldefekt der Rotatorenmanschette bei gleichzeitigem Vorliegen einer hypertrophen AC-Arthrose

- Grad II: deutliche Verfettung, aber noch mehr Muskel als Fett
- Grad III: erhebliche Verfettung, gleich viel Fett wie Muskel
- Grad IV: fortgeschrittene fettige Degeneration, mehr Fett als Muskel

Für eine zuverlässige Aussage hinsichtlich des Rotatorenschulterstatus bedarf es der zusätzlichen Arthrographie. Die CT-Arthrographie ist in Frankreich noch weit verbreitet zur Diagnostik des RM-Defekts, im Rest der Welt wird der Sonographie und dem MRT der Vorzug gegeben.

*Ergebnisse mit der CT-Arthrographie:* Eine aktuelle Studie von Charousset et al. [9] zeigte für komplette Defekte eine Sensitivität von 99% bzw. 97,4% für Supra- bzw. Infraspinatus-Defekte und eine Spezifität von 100 bzw. 99,5% für diese beiden Sehnen. Für den Subskapularanteil der RM betrug die Sensitivität 64,7 und die Spezifität 98,2%.

Diese Ergebnisse sind deutlich besser als die von Bachmann al. [1], die für komplette oder Totaldefekte nur eine Sensitivität der Arthro-CT von 71% fanden, was möglicherweise auf den Einsatz hochauflösender, moderner Spiral-CTs zurückzuführen ist.

## MRT

Rotatorenmanschettenerkrankungen oder -verletzungen stellen die häufigste Indikation zur MRT an der Schulter dar. Die klinisch relevanten Fragestellungen sind dieselben wie bei der Sonographie. MRT-Un-

tersuchungen sollten mit klaren Fragestellungen erfolgen. Ein Einsatz als Screeningmethode ist aufgrund der hohen Kosten nicht zu verantworten. Bei unklarer klinischer Situation oder Fragestellung wie Schulterschmerz ist das Ergebnis der MRT in der Regel enttäuschend [5, 79].

Die MRT kann multiplanar in allen Raumebenen erfolgen. Die MRT ist prinzipiell in der Lage, alle pathologischen Veränderungen an Schulterhaupt- und -eckgelenk sowie den umgebenden Weichteilen abzubilden, mit einer gewissen Einschränkung der kortikalen Veränderungen und der Tendinosis calcarea, da der Kalk in allen Untersuchungssequenzen des MRT kein Signal gibt. Die Domäne der MRT ist die gute Differenzierung der Strukturen. Keine andere Methode hat eine solche Diskriminierungsfähigkeit für unterschiedliche Gewebe. Insofern ist die MRT neben der direkten Darstellung von Läsionen der Rotatorenmanschette und den begleitenden Veränderungen der Bursa subacromialis die ideale Methode, um den Zustand der Muskulatur zu erfassen.

Gesunde Rotatorenschulter zeigen in fast allen Sequenzen eine niedrige Signalintensität (▣ **Abb. 16**). Im T<sub>1</sub>-gewichteten Spinecho-Bild ist die signalarme Rotatorenmanschette durch den subakromialen Fettstreifen gut vom Schulterdach separiert. Die Auflösung ist gut, aber entzündliche Sehnenveränderungen (speziell die Darstellung von Gelenkflüssigkeit in der Defektzone) sind nur schlecht abgrenzbar, da Wasser in dieser Sequenz

nicht signalintensiv ist. Deshalb können sowohl kleine Defekte dem T<sub>1</sub>-Bild entgehen wie auch falsch-positive Befunde resultieren.

Eine moderate Signalerhöhung im T<sub>1</sub>-Bild und eine deutliche Erhöhung im T<sub>2</sub>-gewichteten Bild gilt als Zeichen eines/ einer Partial- oder Totaldefekts/-ruptur der Rotatorenmanschette [92]. Bei T<sub>2</sub>-gewichteten Bildern lässt sich oft ein arthrographieähnlicher Effekt mit sehr hohem Signal in der Defektzone und eine Kommunikation zwischen dem Gelenk- und Bursaraum darstellen (▣ **Abb. 17**).

T<sub>2</sub>-gewichtete Spinechobilder schaffen Kontrast v. a. durch Unterschiede im gebundenen und freien Wasser im Gewebe und sind damit empfindlicher für entzündliche Veränderungen und Gelenkflüssigkeit im Sehnenverlauf als Hinweis für einen Defekt.

Die v. a. in T<sub>1</sub>- und protonengewichteten Aufnahmen oft dargestellten Inhomogenitäten des Sehnen Signals werden – analog zu den Inhomogenitäten der Sehnenstruktur bei der Sonographie – mit histopathologischen Degenerationszeichen in Verbindung gebracht [39]. Da sie auch bei asymptomatischen Schultern in protonengewichteten Aufnahmen in einem sehr hohen Anteil (89%) [52] gefunden wurden, ist ihre Bedeutung unklar. Da aber degenerative und Altersveränderungen der Sehnen sehr häufig symptomlos bestehen, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass diese MRT-Veränderungen die pathohistologischen Veränderungen repräsentieren. Eine verlässliche Graduierung derartiger Veränderungen ist jedoch bis heute mit dem MRT nicht bekannt oder möglich. Zudem sind derartige Phänomene auch als Artefakte bekannt (Magic-angle-Phänomen)[78].

Eine bei lädierten, aber nicht kontinuierlich getrennten Sehnen regelmäßig beobachtete moderate Erhöhung der Signalintensität im T<sub>1</sub>-gewichteten Bild wird durch Veränderungen der Kollagenstruktur erklärt [80], die zu einer erhöhten Wasserbindung führt.

Mit fettunterdrückenden T<sub>2</sub>-gewichteten Spinechobildern mit sehr langer TE-Zeit resultiert ein extrem hoher Fett-Wasser-Kontrast, wodurch v. a. in der MR-Arthrographie die Ergebnisse der Defekt-

diagnostik nochmals verbessert werden können [57].

Modifizierte STIR-Sequenzen können als Alternative zu den fettunterdrückten T2-Spinechesequenzen eingesetzt werden [38].

Gradienten-Echo-Sequenzen sind eine schnelle Untersuchungsalternative zu T2-Bildern [66]. Die Gradienten-Echo-Bilder sind aber anfällig für den sog. Magic-angle-Effekt und damit an der gewölbten Rotatorenmanschette artefaktanfällig. Auch treten Suszeptibilitätsartefakte durch Metallabrieb z. B. nach Operationen leichter störend hervor [30].

Die T1-gewichteten Bilder eignen sich gut für die Beurteilung der medialen Sehnenretraktion und zur Beurteilung der sekundären Muskelatrophie und fettigen Umwandlung [50]. Da der Grad der Atrophie und fettigen Degeneration die Prognose nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion bestimmen [77], muss vom Radiologen eine Aussage darüber bei jeder Fragestellung zum Status der Rotatorenmanschette gefordert werden. Techniken zur reproduzierbaren Messung wurden sowohl für das CT [21, 22] als auch für das MRT in der Literatur beschrieben [18, 76, 90].

Für die MRT wurde die mit dem CT entwickelte Goutallier-Klassifikation übernommen und stellt Fett und Muskel in Relation zueinander. Sie erfolgt im T1-gewichteten Bild. Zusammenfassend gelten als MR-Kriterien für Rotatorenmanschettendefekte die Alterationen des subakromialen Fettstreifens [81], Flüssigkeit in der Bursa subacromialis/subdeltoidea mit sichtbarer Kommunikation zum Gelenkraum, T1-Signalerhöhung in der Sehne, die bei T2-Signal zunimmt und sichtbare Kontinuitätsunterbrechung des Sehnen-signals [61, 93].

Aussagen über die vertikale Stellung des Humeruskopfes zur Pfanne sind in der MRT nur mit großer Zurückhaltung zu treffen: Der Vergleich von normalen Nativ-aufnahmen mit hängendem, gewichtsbelasteten Arm und MRT-Aufnahmen zeigt bei intakter Rotatorenmanschette häufig einen falsch positiven Hochstand des Humeruskopfes, da die MRT-Untersuchung im Liegen stattfindet.

Läsionen der Rotatorenintervallzone zwischen Supraspinatus- und Subskapularisanteil sind mit der nativen MRT nur

sehr schwer diagnostizierbar [69], hingegen gut mit der MR-Arthrographie [84].

## Postoperatives MRT nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion

Die Diagnose von Rupturen nach Rotatorenmanschettenrekonstruktionen ist mit der MRT ebenso erschwert wie mit der Sonographie, da auch hier die gängigen Kriterien nur zum Teil greifen und vor allem Metallabriebartefakte stören können. Partialläsionen sind nur mit großer Zurückhaltung zu diagnostizieren, Totaldefekte jedoch auch postoperativ mit hoher Wahrscheinlichkeit erkennbar [40].

## Ergebnisse der MRT

In der Literatur werden sehr uneinheitliche Resultate für die native MRT beschrieben, wobei offensichtlich auch eine Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers besteht. Die Sensitivität und Spezifität des MRT in der Diagnostik von Totaldefekten der Rotatorenmanschette wird seit den 1990er Jahren mit Werten von ca. 80–100% für die Sensitivität und von 75–100% für die Spezifität angegeben [8, 34, 49, 51, 61, 73]. Eine aktuelle Studie von Teefey et al. [75] zeigte, dass die MRT 100% aller arthroskopisch gesicherten, kompletten Defekte erkannte, hingegen nur 63,2% der Partialdefekte. Bei Partialdefekten wurden Sensitivitäten von 0% bis 89% (im Mittel ca. 60–70%) und Spezifitäten von 58–93% berichtet [34, 49, 61, 74].

Die insgesamt bescheidene Sicherheit des nativen MRT in der Diagnostik von Partialdefekten kann sowohl durch die indirekte als auch die direkte MR-Arthrographie deutlich gesteigert werden. Meister et al. [45] fanden mit der direkten MR-Arthrographie eine Sensitivität von 84% und Spezifität von 96%,

Herold et al. [31] beschreiben mit der indirekten MR-Arthrographie für zwei Untersucher eine Sensitivität von 71% bzw. 50% und eine Spezifität von 88% für beide Untersucher. Durch zusätzliche Untersuchung in einer Abduktionsaußenrotationsstellung konnte die Sensitivität auf 93% bzw. 85% und die Spezifität auf 100% bzw. 94% bei deutlich verbesserter Übereinstimmung gesteigert werden.

Die aktuelle Literatur der vergangenen Jahre inkl. einer großen Metaanalyse zeigt, dass Rotatorenmanschettendefekte sonographisch mit derselben Sicherheit festgestellt werden wie magnetresonanztomographisch [13, 73, 75].

Sher et al. [70] fanden bei einem amerikanischen Kollektiv mit Rotatorenmanschettendefekten, das nur klinisch und radiologisch, aber nicht sonographisch vordiagnostiziert war, nur in 17% der Fälle eine therapiemodifizierende oder diagnoseändernde Zusatzinformation durch die MRT. Für die aufwendigere MR-Arthrographie berichten Zanetti et al. [91] im Vergleich zu klinischer Untersuchung und in Korrelation zu Operationsbefunden ein etwas günstigeres Ergebnis. Bei einem vorselektierten Kollektiv von 73 Patienten mit klinischem Verdacht auf Läsionen der Rotatorenmanschette kamen sie zu 13% neuen Diagnosen und 34% nicht bestätigten klinischen Diagnosen.

## Fazit für die Praxis

**Die therapieentscheidende Diagnose eines kompletten Rotatorenmanschettendefekts kann mit der Sonographie in Praxis oder Klinikambulanz mit deutlich über 90%iger Sicherheit gestellt werden. Die konventionelle Röntgendiagnostik in 3 Ebenen liefert Hinweise auf impingementbegünstigende knöcherne Konstellationen (z. B. Akromionform, AC-Arthrose) oder Sekundärveränderungen wie z. B. Akromionsporne. Zudem sind die funktionellen Auswirkungen des Ausfalls durch Befall mehrerer Rotatorenhnen durch die vertikale und/oder horizontale Dezentrierung des Humeruskopfes sichtbar.**

**Gründe für eine weitergehende bildgebende Diagnostik mit (Arthro-)MRT sind:**

- Retraktion der Rotatorenmanschettenstümpfe so weit unter das Akromion, dass sie nicht mehr sichtbar sind.
- Akromiohumeraler Abstand von weniger als 7–8 mm.
- Klinisch hochgradige Abduktions- und/oder Außenrotationschwäche und/oder sichtbare, deutliche Atrophie der Spinatmuskeln.

**Es sollte wegen der prognostisch wichtigen Aussagen bei festgestelltem Rota-**

toresehndefekt und geplanter Operation immer eine dynamische Muskelsonographie [4] und Querschnittsbestimmung sowie im MRT eine Graduierung z. B. nach Goutallier und/oder Thoma-zeau erfolgen und auch vom Radiologen gefordert werden.

Weiterhin ergeben sich Indikationen bei nicht aussagefähigem oder diskrepantem Ultraschallbefund (z. B. sonographisch scheinbar intakte RM bei nativ-radiologisch sichtbarem Humeruskopfhochstand), v. a. intraartikuläre Begleitläsionen an Labrum und langer Bizepssehne (z. B. SLAP-Läsion), die sonographisch nicht zu erfassen sind.

In der Praxis zeigt sich, dass die Differenzierung zwischen Partialdefekt und Sehnen degeneration an der Rotatorenmanschette sowohl in der Sonographie wie in der MRT noch verbesserungswürdig ist. Hier kann sich im Einzelfall auch eine Indikation zur Arthro-MRT ergeben, wenn das Sonogramm und/oder native MRT nicht schlüssig sind.

Bei Patienten mit gesichertem Subakromialsyndrom mit und ohne RM-Defekt, die nicht für eine Operation in Frage kommen oder sich nicht operieren lassen wollen, besteht keine MRT-Indikation, da keine therapiemodifizierenden Informationen zu erwarten sind.

## Korrespondenzadresse

**PD Dr. A. Hedtmann**

Orthopädische Abteilung  
Klinik Fleetinsel Hamburg  
Admiralitätstraße 3, 20249 Hamburg  
hedtmann@bvonet.de

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- Bachmann G, Bauter T, Jürgensen I et al. (1998) Diagnostische Sicherheit und therapeutische Relevanz von CT-Arthrographie und MR-Arthrographie der Schulter RöFo 168: 149–156
- Bandi W (1981) Die Läsion der Rotatorenmanschette. *Helv Chir Acta* 48: 537–549
- Bigliani LU, Morrison DS, April EW (1986) The morphology of the acromion and its relationship to rotator cuff tears. *Orthop Trans* 10: 228
- Böhm, TD, Kirschner S, Müller T et al. (2005) Dynamic ultrasonography of rotator cuff muscles. *J Clin Ultrasound* 33: 207–213
- Bradley MP, Tung G, Green A (2005) Overutilization of shoulder magnetic resonance imaging as a diagnostic screening tool in patients with chronic shoulder pain. *J Shoulder Elbow Surg* 14(3): 233–237
- Brenneke StL, Morgan CJ (1992) Evaluation of ultrasonography as a diagnostic technique in the assessment of rotator cuff tendons. *Am J Sports Med* 20: 287–289
- Bretzke CA, Crass JR, Craig EV, Feinberg SB (1985) Ultrasonography of the rotator cuff: normal and pathologic anatomy. *Invest Radiol* 20: 311–315
- Burk DL, Karasick D, Kurtz AB et al. (1989) Rotator cuff tears: Prospective comparison of MR imaging with arthrography, sonography, and surgery. *AJR* 153: 87–92
- Charoussat C, Bellaiche L, Duranthon LD, Grimberg J (2005) Accuracy of CT arthrography in the assessment of tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 87: 824–828
- Cotton RE, Rideout DF (1964) Tears of the humeral rotator cuff. A radiological and pathological necropsy survey. *J Bone Joint Surg Br* 46: 314–328
- Crass JR, Craig EV, Thompson R, Feinberg SB (1984) Ultrasonography of the rotator cuff: surgical correlation. *J Clin Ultrasound* 12: 487–492
- Deutsch A, Altcheck DW, Schwartz E et al. (1996) Radiologic measurement of superior displacement of the humeral head in the impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg* 5(3): 186–193
- Dinnes J, Loveman E, McIntyre L, Waugh N (2003) The effectiveness of diagnostic tests for the assessment of shoulder pain due to soft tissue disorders: a systematic review. *Health Technology Assess* 4: 1–166
- Dorgan JA (1955) Posterior dislocation of the shoulder. *Am J Surg* 89(4): 890–900
- Drakeford KM, Quinn MJ, Simpson SL, Pettine KA (1990) A comparative study of ultrasonography and arthrography in evaluation of the rotator cuff. *Clin Orthop* 253: 118–122
- Farin PU, Jaroma H (1995) Acute traumatic tears of the rotator cuff: value of sonography. *Radiology* 197(1): 269–273
- Farin PU, Kaukanen E, Jaroma H et al. (1996) Site and size of rotator-cuff tear. Findings at ultrasound, double-contrast arthrography, and computed tomography arthrography with surgical correlation. *Invest Radiol* 7: 387–394
- Fuchs B, Weishaupt D, Zanetti M et al. (1999) Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: Assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 8: 599–605
- Gazielly DF, Gleyze P, Montagnon C (1994) Functional and anatomical results after rotator cuff repair. *Clin Orthop* 304: 43–53
- Ghelman B, Goldman AB (1977) The double contrast shoulder arthrogram: evaluation of rotator cuff tears. *Radiology* 124: 251–254
- Goutallier D, Bernageau J, Patte D (1989) L'évaluation par le scanner de la ténosynovite des muscles des coiffes des rotateurs ayant une rupture tendineuse. *Rev Chir Orthop* 75 (Suppl 1): 126–127
- Goutallier D, Postel JM, Laveau L, Voisin MC (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT-scan. *Clin Orthop* 304: 78–83
- Harland U (1988) Die Abhängigkeit der Echogenität vom Anschlagwinkel an Muskulatur und Sehnenenge-webe. *Z Orthop* 126: 117–124
- Hedtmann A, Fett H (1988). Dynamische Ultraschalluntersuchung. In: Maaz B, Stahl C (Hrsg) *Apparative Diagnostik des Schultergelenks*. Thieme, Stuttgart, S 34–42
- Hedtmann A, Fett H (1990) *Schultersonographie*. In: Hedtmann A (Hrsg) *Degenerative Schultererkrankungen*. Enke, Stuttgart, S 37–44
- Hedtmann A, Fett H (1991) *Atlas und Lehrbuch der Schultersonografie*, 2. Aufl. Enke, Stuttgart
- Hedtmann A, Fett H (1995) *Schultersonografie bei Subakromialsyndromen mit Erkrankungen und Verletzungen der Rotatorenmanschette*. *Orthopäde* 24: 498–508
- Hedtmann A, Weber A, Schleberger R, Fett H (1986) Ultraschalluntersuchung des Schultergelenks. *Orthopädische Praxis* 22: 647–661
- Heers G, Götz J, Anders S et al. (2006) Ultrasound evaluation of the acromioclavicular joint—a correlation of anatomical and sonographical findings. *Ultraschall Med* 27(6): 549–542
- Herold T, Caro WC, Heers G et al. (2004) Influence of sequence type on the extent of the susceptibility artifact in MRI—a shoulder specimen study after suture anchor repair. *Rofu* 176(9): 1296–1301
- Herold T, Bachthaler M, Hamer OW et al. (2006) Indirect MR arthrography of the shoulder: use of abduction and external rotation to detect full- and partial thickness tears of the supraspinatus tendon. *Radiology* 240: 152–160
- Hodler J, Fretz CJ, Terrier F, Gerber C (1988) Rotator cuff tears: correlation of sonographic and surgical findings. *Radiology*
- Hodler J, Kursunoglu-Brahme S, Snyder SJ et al. (1992) Rotator cuff disease: assessment with MR arthrography versus standard MR imaging in 36 patients with arthroscopic confirmation *Radiology* 182: 431–436
- Iannotti JP, Zlatkin MB, Esterhai JL et al. (1991) Magnetic resonance imaging of the shoulder. Sensitivity, specificity, and predictive value. *J Bone Joint Surg* 73: 17–29
- Iannotti JP, Ciccone J, Buss DD et al. (2005) Accuracy of office-based ultrasonography of the shoulder for the diagnosis of rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 87: 1305–1311
- Juul-Kristensen B, Bojsen-Möller F, Holst E, Ekdahl C (2000) Comparison of muscle sizes and moment arms of two rotator cuff muscles measured by ultrasonography and magnetic resonance imaging. *Eur J Ultrasound* 11: 161–173
- Katthagen BD (1988) *Schultersonographie*. Thieme, Stuttgart
- Kijowski R, Farber JM, Medina J et al. (2005) Comparison of fat-suppressed T2-weighted fast spin-echo sequence and modified STIR sequence in the evaluation of the rotator cuff tendon. *AJR Am J Roentgenol* 185(2): 371–378
- Kjellin I, Ho CP, Cervilla V et al. (1991) Alterations in the supraspinatus tendon at MR imaging: correlation with histopathologic findings in cadavers. *Radiology* 181: 837–841
- Knudsen HB, Gelineck J, Sojbjerg JO et al. (1999) Functional and magnetic resonance imaging evaluation after single-tendon rotator cuff reconstruction. *J Shoulder Elbow Surg* 8: 242–246
- Kurol M, H Rahme, S Hilding (1991) Sonography for diagnosis of Rotator Cuff Tear. *Acta Orthop Scand* 62: 465–467
- Lindblom K, Palmer I (1938) Ruptures of the tendon aponeurosis of the shoulder joint – the so-called supraspinatus ruptures. *Acta Chir Scand* 82: 133–142
- Mack LA, Matsen FA, Kilcoyne RF et al. (1985) Ultrasound evaluation of the rotator cuff. *Radiology* 157: 205
- Mack LA, MK Gannon, RF Kilcoyne, FA Matsen (1988) Sonographic Evaluation of the Rotator Cuff: Accuracy in Patients without prior Surgery. *Clin Orthop* 234: 21–27
- Meister K, Thesing J, Montgomery WJ et al. (2004) MR arthrography of partial thickness tears of the undersurface of the rotator cuff: an arthroscopic correlation. *Skeletal Radiol* 33: 136–141
- Middleton WD, Edelstein G, Reinus WR et al. (1985) Sonographic detection of rotator cuff tears. *AJR Am J Roentgenol* 144(2): 349–353
- Middleton WD, Reinus WR, Totty WG et al. (1986) Ultrasonographic evaluation of the rotator cuff and biceps tendon. *J Bone Joint Surg Am* 68(3): 440–450
- Misamore GW, Woodward C (1991) Evaluation of degenerative lesions of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg* 73: 704–706

49. Müller T, Gohlke F, Kenn W (1996) Stellenwert der Magnetresonanztomographie. In: Eulert J, Hedtmann A (Hrsg.) Das Impingementsyndrom der Schulter. Thieme, Stuttgart
50. Nakagaki K, Ozaki J, Tomita Y, Tamai S (1994) Alterations in the supraspinatus muscle belly with rotator cuff tearing: evaluation with magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 3: 88
51. Nelson MC, Leather GP, Nirschl RP et al. (1991) Evaluation of the painful shoulder. A prospective comparison of magnetic resonance imaging, computerized tomographic arthrography, ultrasonography, and operative findings. *J Bone Joint Surg* 73: 707–716
52. Neumann CH, Holt RG, Steinbach LS et al. (1992) MR imaging of the shoulder: appearance of the supraspinatus tendon in asymptomatic volunteers. *AJR Am J Roentgenol* 158: 1281–1287
53. Newberg AH, Munn CS, Robbins AH (1985) Complications of arthrography. *Radiology* 157: 605–606
54. Oberholzer J (1933) Die Arthrosonographie bei habitueller Schulterluxation. *Röntgenpraxis* 5: 589–590
55. O'Connor PJ, Rankine J, Gibbon WW et al. (2005) Interobserver variation in sonography of the painful shoulder. *Clin J Ultrasound* 33(2): 53–56
56. Olive RJ, HO Marsh (1992) Ultrasonography of rotator cuff tears. *Clin Orthop* 282: 110–113
57. Palmer WE, Brown JH, Rosenthal DI (1993) Rotator cuff: evaluation with fat-suppressed MR arthrography. *Radiology* 188: 683–687
58. Pattee GA, Snyder St (1988) Sonographic evaluation of the rotator cuff: correlation with arthroscopy. *Arthroscopy* 4: 15–20
59. Plafki C, Hedtmann A, Fett H et al. (1997) Ergebnisse der operativen Therapie von Rupturen der Rotatorenmanschette der Schulter. *Z Orthop* 135: 360–367
60. Preston BJ, Jackson JP (1977) Investigation of shoulder disability by arthrography. *Clin Radiol* 2: 259–266
61. Rafii M, Firooznia H, Sherman O et al. (1990) Rotator cuff lesions: signal patterns at MR imaging. *Radiology* 177: 817–823
62. Rapf C, Furtschegger A, Resch H (1986) Die Sonographie als neues diagnostisches Verfahren zur Abklärung von Schulterbeschwerden. *Fortschr Röntgenstr* 145: 288–295
63. Read JW, Perko M (1998) Shoulder ultrasound: Diagnostic accuracy for impingement syndrome, rotator cuff ear and biceps tendon pathology. *J Shoulder Elbow Surg* 7: 264–271
64. Reinus WR, Shady KL, Mirowitz SA, Totty WG (1995) MR diagnosis of rotator cuff tears of the shoulder: value of using T2-weighted fat-saturated images. *AJR Am J Roentgenol* 164: 1451–1455
65. Rockwood CA (1984) Injuries to the acromioclavicular joint. In: Rockwood CA, Greene DP (Hrsg.): *Fractures in Adults*, Vol. 1, 1. Aufl., Lippincott, Philadelphia, pp 869–872
66. Sahin-Akyar G, Miller TT, Staron RB et al. (1998) Gradient-echo versus fat-suppressed fast spin-echo MR imaging of rotator cuff tears. *AJR Am J Roentgenol* 171(1): 223–227
67. van de Sande MA, Rozing PM (2006) Proximal migration can be measured accurately on standardized anteroposterior shoulder radiographs. *Clin Orthop Relat Res* 443: 260–265
68. Schlepckow P, Reichelt A., Hellige R. (1987) Erste Erfahrung in der Diagnostik der RM-Ruptur. In: HR Henche, W. Hey (Hrsg.) *Sonografie in der Orthopädie und Sportmedizin*. ML-Verlag, Uelzen, S 31–34
69. Seeger LL, Lubowitz J, Thomas BJ (1993) Case report 815: Tear of the rotator interval. *Skeletal Radiol* 22(8): 615–617
70. Sher JS, Iannotti JP, Williams GR et al. (1998) The effect of shoulder magnetic resonance imaging on clinical decision making. *J Shoulder Elbow Surg* 7: 205–209
71. Sperner G, Resch H, Golsner K et al. (1993). Die Wertigkeit der Sonographie bei Rupturen der Rotatorenmanschette. *Unfallchirurg* 96: 119–123
72. Strobel K, Hodler J, Meyer DC et al. (2005) Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology* 237(2): 584–589
73. Swen WA, Jacobs JW, Algra PR et al. (1999) Sonography and magnetic resonance imaging equivalent for the assessment of full-thickness rotator cuff tears. *Arthritis Rheum* 42: 2231–2238
74. Teefey SA, Hasa SA, Middleton WD et al. (2000) Ultrasonography of the rotator cuff. A comparison of ultrasonographic and arthroscopic findings in one hundred consecutive cases. *J Bone Joint Am* 82: 484–504
75. Teefey SA, Rubin DA, Middleton WD et al. (2004) Detection and quantification of rotator cuff tears. Comparison of ultrasonographic, magnetic resonance imaging, and arthroscopic findings in seventy one consecutive cases. *J Bone Joint Surg Am* 86: 708–716
76. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C et al. (1996) Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand* 67: 264–268
77. Thomazeau H, Boukobza E, Morcet N et al. (1997) Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop* 344: 275–283
78. Timins ME, Erickson SJ, Estkowski LD et al. (1995) Increased signal in the normal supraspinatus tendon on MR imaging: diagnostic pitfall caused by the magic-angle effect. *AJR Am J Roentgenol* 165: 109–114
79. Torstensen ET, Hollinshead RM (1999) Comparison of magnetic resonance imaging and arthroscopy in the evaluation of shoulder pathology. *J Shoulder Elbow Surg* 8: 42–45
80. Tyson LL, Crues JV (1993) Pathogenesis of rotator cuff disorders. *Magnetic resonance imaging characteristics*. *Magn Reson Imaging Clin North Am* 1: 37–46
81. Vahlensieck M, Resendes M, Lang P, Genant H (1992) Shoulder MRI: the subacromial/subdeltoid bursa fat stripe in healthy and pathologic conditions. *Eur J Radiol* 14: 223–227
82. van Holsbeeck MT, Kolowich PA, Eyler WR et al. (1995) Vanderschuren GM, Bouffard JA: US depiction of partial rotator cuff tear of the rotator cuff. *Radiology* 197: 443–446
83. Vick CW, Bell SA (1990) Rotator cuff tears: Diagnosis with sonography. *AJR Am J Roentgenol* 154: 121–123
84. Weishaupt D, Zanetti M, Tanner A et al. (1999) Lesions of the reflection pulley of the long biceps tendon. MR arthrographic findings. *Invest Radiol* 34: 463–469
85. Wiener SN, Seitz WH (1993) Sonography of the Shoulder in Patients With Tears of the Rotator Cuff: Accuracy and Value for Surgical Options. *AJR Am J Roentgenol* 160: 103–107
86. Wijnblad H (1933) Zur Röntgendiagnose von Schulterluxationen. *Chirurg* 5: 702
87. Wülker N, Melzer C, Wirth CJ (1991) Shoulder surgery for rotator cuff tears. *Acta Orthop Scand* 62: 142–147
88. Wülker N, Roetmann B, Schmitzer H, Roessig S (1995) Coracoacromial pressure recordings in an experimental shoulder model. *J Shoulder Elbow Surg* 4: 462–467
89. Zanca P (1971) Shoulder pain: involvement of the acromioclavicular joint (Analysis of 1,000 cases). *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 112(3): 493–506
90. Zanetti M, Gerber C, Hodler J (1998) Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with MR imaging. *Invest Radiol* 33: 163–170
91. Zanetti M, Jost B, Lustenberger A, Hodler J (1999) Clinical impact of MR arthrography of the shoulder. *Acta Radiol*. 40: 296–302
92. Zlatkin MB, Dalinka MK, Kressel HY (1989) Magnetic resonance imaging of the shoulder. [Review] *Magn Reson Q* 5: 3–22
93. Zlatkin MB, Iannotti JP, Esterhai JL et al. (1990) Evaluation of rotator cuff disease and glenohumeral instability with MR imaging: correlation with arthroscopy and arthroscopy in a large population of patients [abstr]. *Magn Reson Imaging* 8 (Suppl 1): 78

**A. Hugger, H. Göbel, M. Schilgen (Hrsg.)  
Gesichts- und Kopfschmerzen  
aus interdisziplinärer Sicht**

Evidenz zur Pathophysiologie,  
Diagnostik und Therapie  
Heidelberg: Springer 2006, 278 S., 28 Abb.,  
(ISBN 978-3-540-23052-6), 49,00 EUR

Nach dem Bundesgesundheitsbericht stehen Kopfschmerzen – nach Rückenschmerzen – an zweiter Stelle der 7-Tages-Prävalenz der Lokalisation der Schmerzen und beschäftigen fast jeden Arzt und Zahnarzt in ihren Schmerzsprechstunden. Das zunehmende Interesse an solidem medizinischem Wissen in der Zahnmedizin führt nicht nur zu vielen interessanten Forschungsk Kooperationen zwischen Allgemein- und Zahnmedizinern, sondern auch zu neuen gemeinsamen Büchern. Als ein typisches Produkt dieses Interesses darf das Buch „Gesichts- und Kopfschmerzen aus interdisziplinärer Sicht, das von den Professoren Hugger (Düsseldorf), Göbel (Kiel) und Dr. Schilgen (Münster) herausgegeben wurde, bezeichnet werden. Es deckt vom Zahnschmerz bis zu den psychologischen Grundlagen alle relevanten Themen im Kopf-, Kiefer und Gesichtsbereich ab – eine wahre Wissens- und Informationsquelle für Fach- und Zahnärzte auf fast 300 Seiten. Insgesamt 17 Experten auf diesem Gebieten haben alle wesentlichen Aspekte (Epidemiologie, Psychologie, evidenzbasiertes Vorgehen, Klassifikation der Kopf- und Gesichtsschmerzen, Migräne, Cluster- und Spannungskopfschmerz, zervikogener Schmerz, Zahnschmerz, Myalgie der Kiefermuskulatur, Arthralgie der Kiefergelenke, Neuralgien, idiopathischer Schmerz, vom HNO-Gebiet und von den Augen ausgehende Schmerzen) zusammengefasst. Nützlich sind die zusammenfassenden differentialdiagnostischen Tabellen. Das Buch ist übersichtlich und klar gegliedert – man spürt wohlthuend die ordnende Hand der Herausgeber. Der Verlag hat das Werk gut und solide, aber keineswegs verschwenderisch ausgestattet. Es unterscheidet sich in diesem Punkt recht wohlthuend von den überladenen Bilderbüchern, die im zahnärztlichen Bereich zur Funktionsanalyse und -therapie existieren. Es liest sich zügig, eignet sich aber auch als gezieltes Nachschlagewerk (Index) und diagnostisches Kompendium (Tabellen im Anhang), es ist also seinen Preis wert und gehört in jede Zahnarzt- und Arztpraxis.

*Th. Kerschbaum, Köln*