

5.1 Normalanatomie

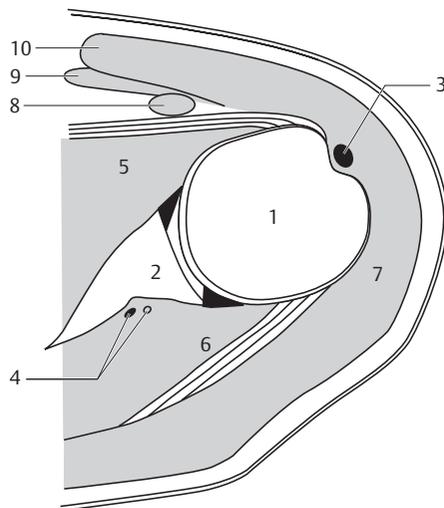
Die normale Anatomie der Schulter in der MRT zeigen die ▶ **Abb. 5.1** bis ▶ **Abb. 5.6**.

Abb. 5.1 a, b Schulter axial.

a Schematische Darstellung.

b MRT-Bild.

- 1 Humeruskopf
- 2 Cavitas glenoidalis
- 3 lange Bizepssehne
- 4 N. und A. suprascapularis
- 5 Sehne und M. subscapularis
- 6 Sehne und M. infraspinatus
- 7 M. deltoideus
- 8 M. coracobrachialis
- 9 M. pectoralis minor
- 10 M. pectoralis major



a



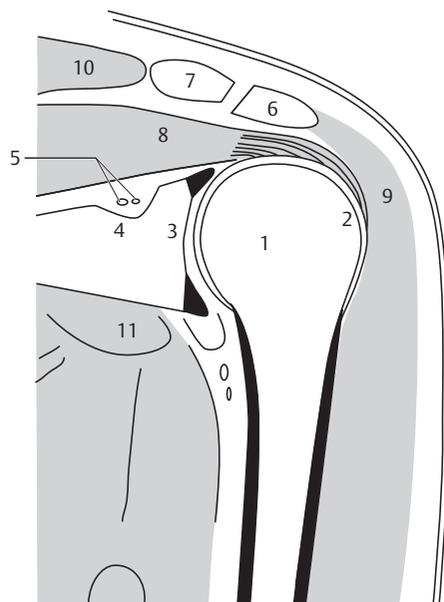
b

Abb. 5.2 a, b Schulter parakoronar.

a Schematische Darstellung.

b MRT-Bild.

- 1 Humeruskopf
- 2 Tuberositas major
- 3 Cavitas glenoidalis
- 4 Incisura scapulae
- 5 N. und A. suprascapularis
- 6 Akromion
- 7 Klavikula
- 8 Sehne und M. supraspinatus
- 9 M. deltoideus
- 10 M. trapezius
- 11 M. subscapularis



a



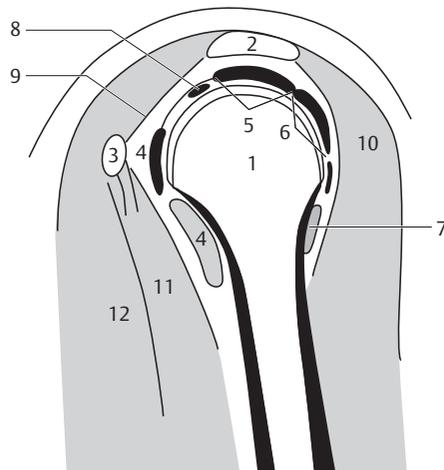
b

Abb. 5.3 a, b Schulter parasagittal. Schicht 1.

a Schematische Darstellung.

b MRT-Bild.

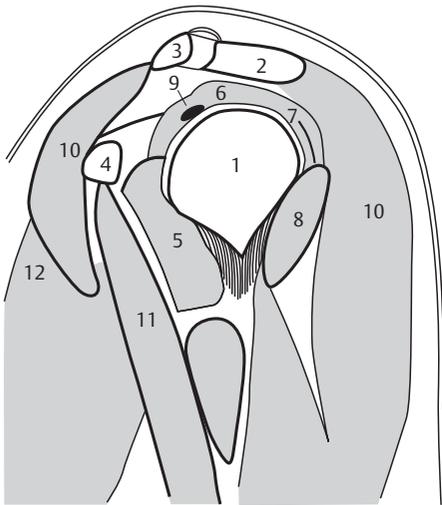
- 1 Humeruskopf
- 2 Akromion
- 3 Processus coracoideus
- 4 Sehne und M. subscapularis
- 5 Sehne des M. supraspinatus
- 6 Sehne des M. infraspinatus
- 7 M. teres minor
- 8 lange Bizepssehne
- 9 Lig. coracoacromiale
- 10 M. deltoideus
- 11 M. coracobrachialis
- 12 M. pectoralis major



a



b



a



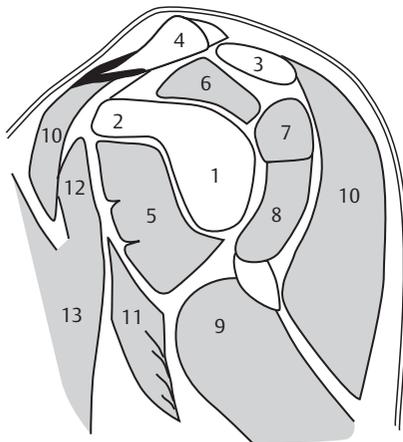
b

Abb. 5.4 a, b Schulter parasagittal. Schicht 2.

a Schematische Darstellung.

b MRT-Bild.

- 1 Humeruskopf
- 2 Akromion
- 3 Klavikula
- 4 Processus coracoideus
- 5 M. subscapularis
- 6 Sehne und M. supraspinatus
- 7 Sehne und M. infraspinatus
- 8 M. teres minor
- 9 lange Bizepssehne
- 10 M. deltoideus
- 11 M. coracobrachialis
- 12 M. pectoralis major



a



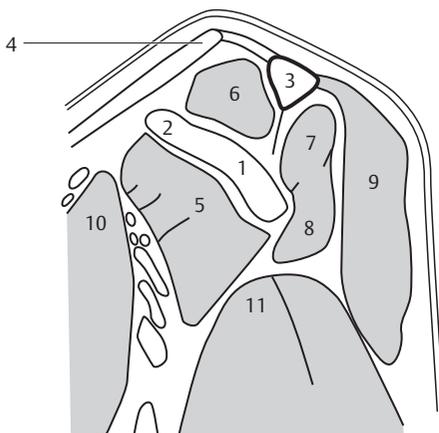
b

Abb. 5.5 a, b Schulter parasagittal. Schicht 3.

a Schematische Darstellung.

b MRT-Bild.

- 1 Cavitas glenoidalis
- 2 Processus coracoideus
- 3 Akromion
- 4 Klavikula
- 5 M. subscapularis
- 6 M. supraspinatus
- 7 M. infraspinatus
- 8 M. teres minor
- 9 M. teres major
- 10 M. deltoideus
- 11 M. coracobrachialis
- 12 M. pectoralis minor
- 13 M. pectoralis major



a



b

Abb. 5.6 a, b Schulter parasagittal. Schicht 4.

a Schematische Darstellung.

b MRT-Bild.

- 1 Skapula
- 2 Processus coracoideus
- 3 Akromion
- 4 Klavikula
- 5 M. subscapularis
- 6 M. supraspinatus
- 7 M. infraspinatus
- 8 M. teres minor
- 9 M. deltoideus
- 10 M. pectoralis major
- 11 M. teres major

5.2 Untersuchungstechnik

5.2.1 Schulterposition und Patientenlagerung

Der Patient wird auf dem Rücken gelagert; dabei soll sich die obere Extremität entweder in Neutralposition oder in geringfügiger Außenrotation befinden. Eine Innenrotation muss auf jeden Fall vermieden werden. Hand und Unterarm sollen neben und nicht am Körper gelagert werden, damit keine Atembewegungen übertragen werden. Die Schulter und die Schultergelenke werden mittels Gurten optimal am Untersuchungstisch fixiert.

5.2.2 Untersuchungsebenen

Eine Übersicht über die Untersuchungstechnik am Schultergelenk zeigt ▶ Tab. 5.1.

▶ **Parakoronale Untersuchungsebene** (▶ Abb. 5.7 u. ▶ Abb. 5.8). Die parakoronale Schnittrichtung soll parallel zur Supraspinatussehne erfolgen. Diese Einstellung kann geringfügig steiler sein als die Ausrichtung auf die Muskelfasern des M. supraspinatus sowie auch geringfügig steiler als die Ausrichtung senkrecht auf die glenohumerale Gelenkfläche. Die Planung erfolgt entweder an einem gut auflösenden Sucher, der die Sehne im

axialen Sucherbild darstellt, oder besser auf einem Bild einer bereits vorausgegangenen axialen Untersuchungsserie. Der Untersuchungsumfang reicht vom M. subscapularis ventral bis zum M. supraspinatus und zum M. teres minor dorsal. In dieser Untersuchungsebene werden eine T2w Sequenz mit Fettunterdrückung und als 2. Sequenz entweder eine T1w oder eine PDw Sequenz verwendet.

Mit der parakoronalen Untersuchungsebene werden am besten die Sehnen der Mm. supraspinatus und infraspinatus, das Akromioklavikulargelenk, die glenohumerale Gelenkoberfläche, der Bizepssehnenanker sowie das superiore und das inferiore Labrum erfasst.

▶ **Parasagittale Untersuchungsebene** (▶ Abb. 5.9). Diese Ebene wird senkrecht auf die parakoronale Ebene geplant. Der Untersuchungsumfang erfasst nicht nur den Humeruskopf, sondern auch den medial davon gelegenen Abschnitt der muskulären Anteile der Rotatorenmanschette. Bevorzugte Sequenz ist die T2w SE-Sequenz, die auf Höhe der Bizepssehne einerseits Sehnen und Sehnenveränderungen, besonders Rissbildungen, kontrastreich darstellt, andererseits auch den korakoakromialen Bogen und dort insbesondere den anterolateralen Rand des Akromions exakt und kontrastreich erfassen kann. Des Weiteren ist es mit dieser Sequenz möglich, den muskulären Abschnitt der Rotatorenmanschette anhand des Verhältnisses von Muskulatur zu umgebendem Fett exakt zu beurteilen. Die T2w SE-Sequenz wird bevorzugt ohne Fettunterdrückung aufgenommen, um einen starken Kontrast zwischen Muskulatur und Fett zu gewährleisten.

Tabelle 5.1 Untersuchungstechnik am Schultergelenk: Ebenen und Sequenzen, die anatomische Leitstrukturen und deren Erkrankungen erfassen.

Ebene	Struktur	Wertigkeit, Anmerkung	Sequenz
koronal	Supra- und Infraspinatussehne	Lagerung neutral oder gering außenrotiert	T2w SE mit Fettsättigung oder STIR, T1w SE; alternativ PDw mit Fettsättigung
	Knochen, Knochenmark, Akromionkontur		T1w SE, STIR
	Bizepssehnenansatz		T2w SE mit Fettsättigung oder STIR, T1w SE; alternativ PDw mit Fettsättigung
	Labrum superior und inferior		T2w SE, T1w 3D-GE oder SE mit Fettsättigung
	synoviale entzündliche Gelenkerkrankungen		T1w SE, T2w SE, evtl. KM
	PVNS, Hämophilie	Hämosiderinablagerungen	zusätzlich T2*w GE
	entzündliche und neoplastische Läsionen	Zusatzebene	T1w SE, STIR
sagittal	Sehnen der Rotatorenmanschette, Rotatorenmanschettenintervall	koronal und sagittal: Basis bei Impingement	T2w SE oder T1w SE; alternativ PDw (mit Fettsättigung)
	Bizepssehne intraartikulär		T2w SE oder T1w SE oder Arthrografie
	Akromionform		T2w SE oder T1w SE
	Knochen, Knochenmark		T1w SE, STIR
axial	Sehnen des M. subscapularis und des M. teres minor		PDw mit Fettsättigung, alternativ T2w SE mit Fettsättigung oder STIR, T1w SE
	Bizepssehne intertuberkulär		PDw mit Fettsättigung, alternativ T2w SE mit Fettsättigung oder STIR, T1w SE
	Labrum ventral und dorsal		PDw mit Fettsättigung oder T2*w GE oder Arthrografie
	Kapsel-Band-Apparat mit mittlerem und oberem glenohumeralem Ligament		PDw mit Fettsättigung oder T2*w GE oder Arthrografie
	Knochen, Knochenmark		T1w SE, STIR
	entzündliche und neoplastische Erkrankungen	lokales Staging: Gefäß-Nerven-Bündel, Kompartments	T1w SE, T2w SE, KM
Basis	bei uncharakteristischer Schultersymptomatik		koronale STIR und T1w SE, sagittale T2w SE, axiale PDw mit Fettsättigung

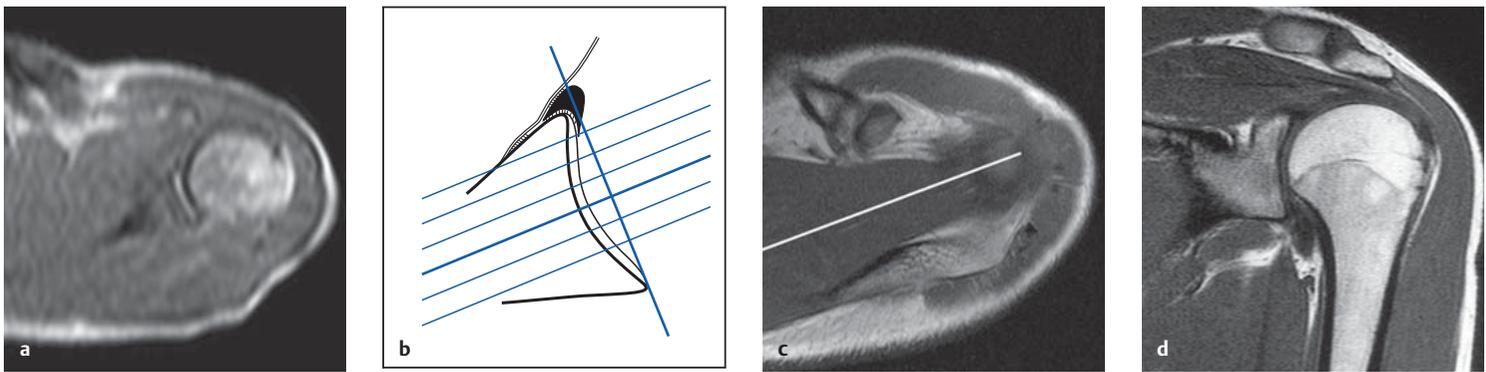


Abb. 5.7 a–d Parakoronale Schnittführung am Schultergelenk – schnelles Protokoll.
a Der axiale Sucher dient zur Planung der parakoronalen Schnittebene am Schultergelenk.
b Die parakoronale Schnittführung wird senkrecht auf die Gelenkfläche der Cavitas glenoidalis ausgerichtet (schematische Darstellung).

c Alternativ erfolgt die Ausrichtung parallel auf den Muskelfaserverlauf des M. supraspinatus (Linie).
d Parakoronales Schnittbild.

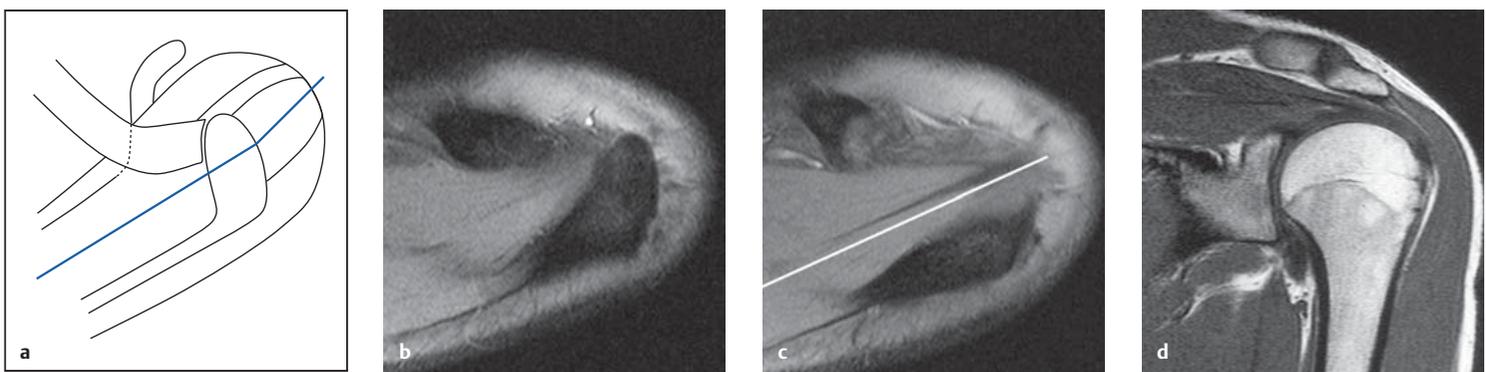


Abb. 5.8 a–d Parakoronale Schnittführung am Schultergelenk – exaktes Protokoll. Genauer als das Vorgehen beim schnellen Protokoll (s. ▶ Abb. 5.7) ist die Ausrichtung direkt auf die Faserrichtung der Supraspinatussehne. Vom Muskelbauch bis zum Sehnenabschnitt ergibt sich ein etwas bogenförmiger Verlauf; der Sehnenabschnitt hat somit einen etwas steileren Verlauf (a). Auch die Ausrichtung der parakoronalen Ebene nach der Cavitas glenoidalis untertreibt den parakoronalen Kippungswinkel etwas. Ein Sucher erlaubt jedoch nicht, die Ausrichtung der Supraspinatussehne zu erkennen. Die Planung des parakoronalen Bildes muss daher auf einem

Bild einer axialen Sequenz durchgeführt werden, mit der die Untersuchung beginnt (b, c).
a Parakoronale Schnittführung mit Ausrichtung auf die Faserrichtung der Supraspinatussehne (schematische Darstellung).
b Axiale Sequenz (Schicht 1).
c Axiale Sequenz (Schicht 2) mit eingezeichneter Ausrichtung (Linie).
d Parakoronales Schnittbild.

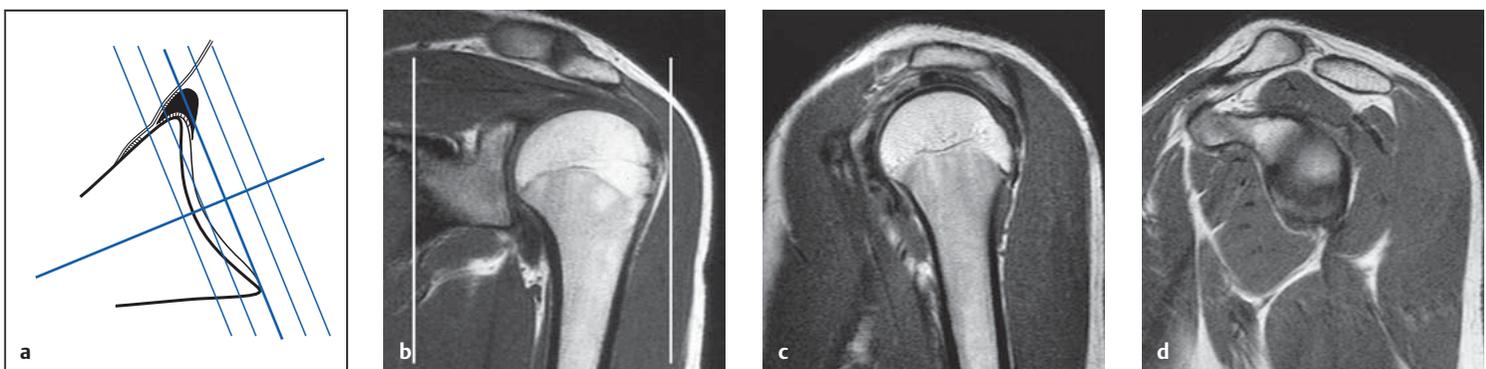


Abb. 5.9 a–d Parasagittale Schnittführung am Schultergelenk. Die parasagittale Ebene (c, d) wird senkrecht auf die parakoronale Ebene geplant (a). Der Untersuchungsumfang erfasst nicht nur den Humeruskopf (c), sondern auch einen Bereich medial davon, um den muskulären Abschnitt der Rotatorenmanschette beurteilen zu können (d).

a Parasagittale Schnittführung mit Ausrichtung auf die parakoronale Ebene (schematische Darstellung).
b Parakoronale Sequenz mit eingezeichnetem Untersuchungsbereich (Linie).
c Parasagittales Schnittbild (Schicht 1).
d Parasagittales Schnittbild (Schicht 2).

Mit der parasagittalen Untersuchungsebene können neben dem korakoakromialen Bogen die Bursa subacromialis, die sehnigen Abschnitte aller Anteile der Rotatorenmanschette, das Rotatorenmanschettenintervall und die Bizepssehne im intraartikulären Abschnitt am besten beurteilt werden.

► **Axiale Untersuchungsebene** (► **Abb. 5.10**). Die axiale Schichtführung wird in der axialen Hauptebene vorgenommen. Sie umfasst den Bereich vom Akromioklavikulargelenk bis unter den kaudalen Rand der Cavitas glenoidalis. Als geeignete Sequenzen haben dabei PDw Sequenzen mit Fettunterdrückung die GE-Sequenzen weitgehend abgelöst. Der Vorteil beider Sequenzen ist, dass das Labrum besser von den umgebenden Strukturen, wie dem Gelenknorpel der Cavitas glenoidalis, dem Knorpel des Humeruskopfs und der Gelenkkapsel, abgegrenzt werden kann.

Mit der axialen Untersuchungsebene können am besten der M. subscapularis und seine Sehne, der M. teres minor und seine Sehne, die Bizepssehne im intertuberkulären Abschnitt, das anteriore und das posteriore Labrum sowie das mittlere und das obere glenohumerale Ligament beurteilt werden.

5.2.3 Sequenzen

► **Supra- und Infraspinatussehne.** Eine Rissbildung ist am besten mit einer parakoronalen T2w SE-Sequenz mit Fettunterdrückung (bzw. STIR-Sequenz) beurteilbar, alternativ mit einer PDw Sequenz mit Fettunterdrückung. Die Analyse einer degenerativen Veränderung wird durch eine T1w SE-Sequenz unterstützt. Die Beurteilung der Lokalisation und Ausdehnung der Sehnenläsion wird durch eine 2. Ebene, z. B. durch eine parasagittale T2w SE-Sequenz ohne (oder mit) Fettunterdrückung, ergänzt. Bei Läsionen der Sehnen von M. subscapularis und M. teres minor werden diese am besten in der axialen Schnittführung erkannt und graduiert.

► **Bizepssehne.** Die axiale Schnittebene ist für eine Läsion im intertuberkulären Abschnitt, die parasagittale und parakoronale Schnittführung für eine Läsion im intraartikulären Abschnitt und im Ansatzbereich angezeigt. Eine T2w Sequenz ist bei einer Rissbildung bzw. einer traumatischen Läsion, eine T1w Sequenz zur Beurteilung der Degeneration günstig.

► **Muskulatur.** Zur Beurteilung der Rotatorenmanschette hinsichtlich Atrophie und Degeneration wird eine parasagittale T2w SE-Sequenz, alternativ eine parasagittale T1w SE-Sequenz eingesetzt. Zur Beurteilung einer frischen Verletzung oder einer entzündlichen Erkrankung innerhalb der Muskulatur kommt eine T2w Sequenz mit Fettunterdrückung zum Einsatz.

► **Knochen und Knochenmark.** Diese werden mit einer T2w SE-Sequenz mit Fettunterdrückung bzw. mit einer STIR- und T1w SE-Sequenz beurteilt. Die wichtigste Ebene ist die parakoronale.

► **Labrum.** Dort findet eine axiale PDw Sequenz mit Fettunterdrückung, alternativ eine T2*w GE-Sequenz Verwendung. Im Rahmen der intraartikulären Arthrografie werden axiale, parakoronale und parasagittale T1w SE-Sequenzen, möglichst mit Fettunterdrückung, erstellt. Alternativ dazu kann eine T1w GE-Sequenz mit Fettunterdrückung und Rekonstruktion verwendet werden, ergänzt durch eine parasagittale T1w SE-Sequenz mit Fettunterdrückung in ABER-Position.

5.3 Impingement-Syndrom und Rotatorenmanschettenruptur

5.3.1 Impingement-Syndrom

Erstbeschreibung

Der Begriff „Impingement(-Syndrom)“ wurde erstmals 1972 von dem amerikanischen Chirurgen Ch. Neer [15] verwendet. Er beschreibt damit einen pathophysiologischen Zustand, infolgedessen es bei Elevation und Innenrotation des Humerus zu starken Schmerzen im Bereich des Humeruskopfs kommt. Als Hauptursache für dieses klinische Phänomen nannte Neer eine mechanische Irritation subakromialer Strukturen, wie der Supraspinatussehne und der Bursa subacromialis, durch den Vorderrand des Akromions und das korakoakromiale Ligament (► **Abb. 5.11** u. ► **Abb. 5.12**). Infolge dieser Einklemmung kommt es zu einer Degeneration mit entzündlicher Begleitreaktion der subakromialen Strukturen.

Die von Neer getroffene bekannte Stadieneinteilung des Impingement-Syndroms ist bis heute klinisch relevant. Je nach Ausmaß der Degeneration teilte Neer das Impingement-Syndrom in 3 Schweregrade ein:

- **Stadium I:** Das 1. Stadium ist gekennzeichnet durch Ödeme und Hämmorrhagien. Es handelt sich um ein reversibles Stadium, das hauptsächlich bei Patienten zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr nach Überbelastung gefunden wird.
- **Stadium II:** Es liegen eine Degeneration und ein chronisch-entzündliches Geschehen mit irreversiblen Charakter bei Patienten zwischen dem 25. und 40. Lebensjahr vor. Eine Fibrose bildet sich aus, und die Supraspinatussehne ist verdickt; die Patienten sind in ihren Aktivitäten eingeschränkt.
- **Stadium III:** Das pathologische Spektrum des 3. Stadiums reicht von degenerativen Sehnenrissen und Degeneration des Muskels bis hin zu Knochenveränderungen, wie Zysten am Tuberkulum oder Sklerose des vorderen Akromionrands. Auch Osteophyten treten gehäuft auf. Der subakromiale Raum ist praktisch immer verschmälert. Diesem Stadium gehen oft Jahre bis Jahrzehnte von Beschwerden voraus, in denen die Therapie versagt hat. Das Durchschnittsalter der Betroffenen liegt zwischen 50 und 60 Jahren und älter.

Pathophysiologie

Die „kritische Zone“, in der der Großteil der Sehnenrisse der Rotatorenmanschette zu finden ist, liegt 5–20 mm proximal des Ansatzes der Supraspinatussehne am Tuberculum majus. Während Codman und Rothman [3],[21] eine Hypovaskularisation in dieser Zone beschrieben, wird heute von einer positionsabhängigen Durchblutungssituation ausgegangen, bei der es nur bei bestimmten Bewegungen zu einer Minderperfusion kommt (► **Abb. 5.13**).

Zusammenfassend liegt dem Impingement-Syndrom eine spezielle anatomische Situation zugrunde. Dabei stellen mechanische Belastungen und die Gefäßversorgung der Sehnen prädisponierende Faktoren dar, die zur Erkrankung führen (► **Abb. 5.14**).

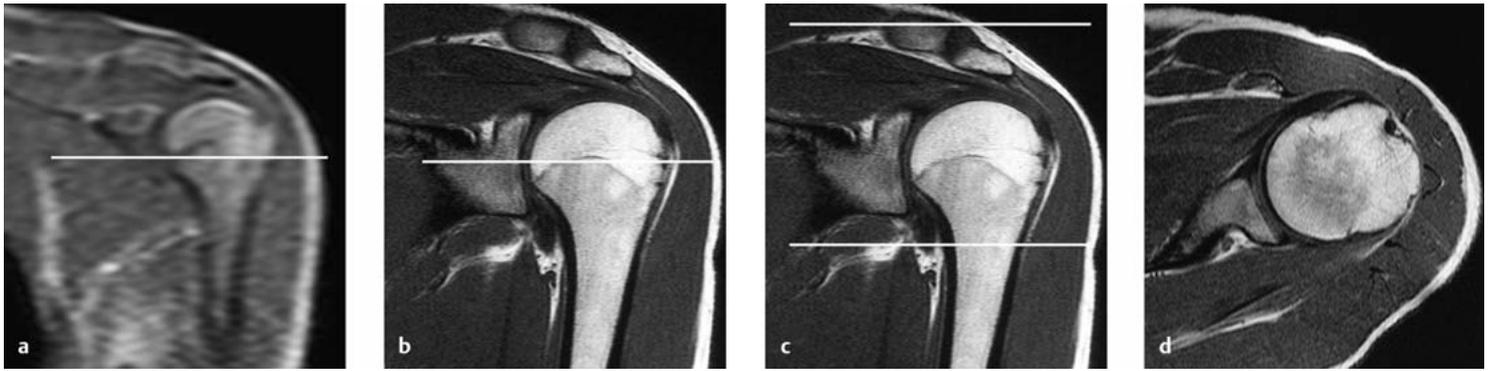


Abb. 5.10 a–d Axiale Schnittführung am Schultergelenk. Die axiale Ebene (a) wird im koronalen Sucher (a) in der axialen Hauptebene geplant, falls sie als erste Sequenz ausgeführt wird, oder am parakoronalen Bild (b), wenn sie als letzte (optionale) Sequenz ausgeführt wird. Der Untersuchungsumfang umfasst das Akromioklavikulargelenk bis unter den kaudalen Rand der Cavitas glenoidalis (c).

a Planung der axialen Schnittführung im koronalen Sucher.
 b Planung der axialen Schnittführung im parakoronalen Sucher.
 c Untersuchungsumfang der axialen Schnittführung.
 d Axiales Schnittbild.

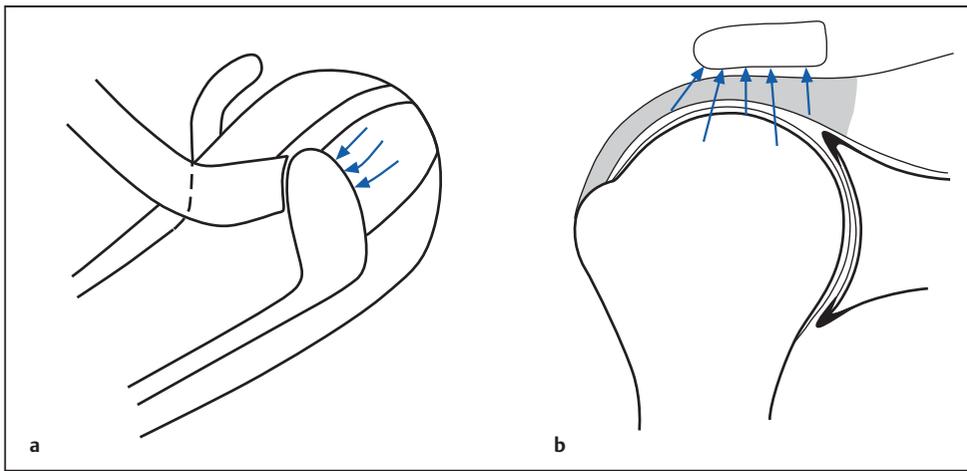


Abb. 5.11 a, b Impingement-Ursache nach Neer (1983) [16]. Schematische Darstellung.

a Anheben des Humeruskopfs bei Anspannen der Rotatorenmanschette.
 b Heranführen an das Akromion.

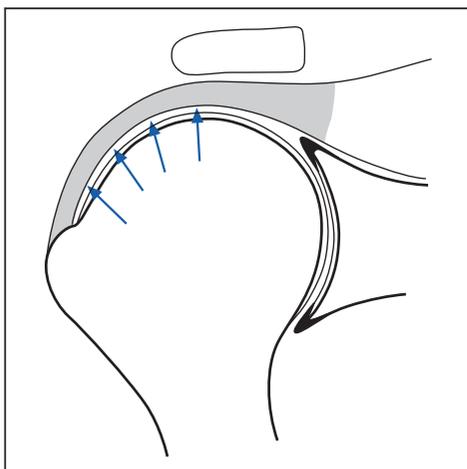


Abb. 5.12 Impingement-Ursache nach Keyl (1982) [10].

Schematische Darstellung. Kompression der Rotatorenmanschette, besonders des innenseitigen Sehnenabschnitts, bei Adduktion.

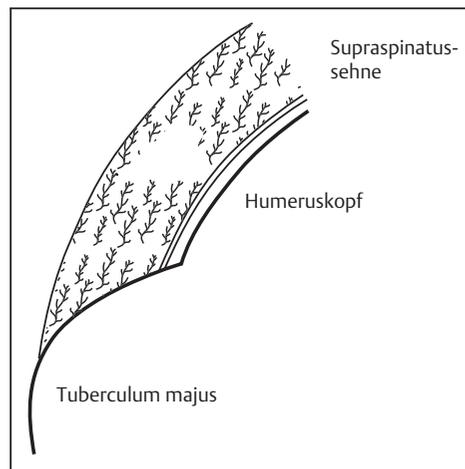


Abb. 5.13 Impingement-Ursache nach Macnab (1981) [12] und Nirschl (1989) [18].

Schematische Darstellung. Hypovaskularisation im distalen Abschnitt der Supraspinatussehne auf der Basis mikroangiografischer Untersuchungen.

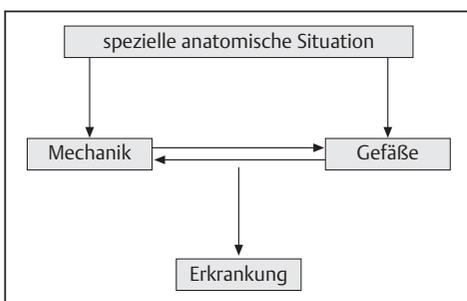


Abb. 5.14 Impingement an der Schulter nach Neer.

Schematische Darstellung. Die spezielle anatomische Situation der Schulter mit dem gegen das Akromion beweglichen Humeruskopf führt zusammen mit der mechanischen Belastung der Sehne und einer limitierten Gefäßversorgung der Sehne zum Impingement.

Weiterentwicklung der Neer-Nomenklatur

Im Laufe der Jahre wurde der Begriff des „Impingement“ verändert, und eine ursachenbezogene, breit gefächerte Einteilung unter Einbeziehung vieler weiterer auslösender Faktoren entstand. Dazu wurden einige neue Begriffe aus einzelnen wissenschaftlichen Studien definiert, die sich jedoch nicht immer schlüssig in das Gesamtkonzept der Impingement-Ursachen einordnen lassen (► Tab. 5.2 u. ► Abb. 5.15). Die von Neer beschriebene Form des Impingement wurde mit einigen Abänderungen zum sog. primär extrinsischen oder primär mechanischen Impingement, dem das sekundäre extrinsische bzw. mechanische Impingement gegenübergestellt wurde. Nach der strengen Auslegung der Literatur wird nur das primär extrinsische als „Outlet-Impingement“ bezeichnet, nicht aber das sekundär extrinsische, obwohl sich auch für diese Gruppe Argumente für ein Outlet-Impingement finden lassen. Diese Ursachen werden durch das intrinsische Impingement ergänzt.

► **Primär extrinsisches Impingement.** Zu den Ursachen des primär extrinsischen Impingement gehören Veränderungen des korakoakromialen Bogens, die am Außenrand der distalen Rotatorenmanschette angreifen. Dazu zählen Formanomalien des Akromions, wie das hakenförmige Akromion (Akromion Typ III), ein nach lateral oder ventral steil abfallendes Akromion und ein Os acromiale. Erworbene Veränderungen des Akromions sind subakromiale Osteophyten oder ausgeprägte Osteophyten des Akromioklavikulargelenks an der Innenseite und die seltene Hypertrophie des Lig. coracoacromiale. Die Ursachen des primär extrinsischen Impingements gehören mit Abstand zu den häufigsten Ursachen für ein Impingement.

► **Sekundär extrinsisches Impingement.** Zu den Ursachen des sekundär extrinsischen Impingement zählt die glenohumerale Instabilität. Wird dieser Begriff umfassender als Einengung des korakoakromialen Bogens vom unteren inneren Rand her definiert werden, können degenerative oder posttraumatische Veränderungen am Tuberculum majus oder Deformierungen des Humeruskopfs wie nach Fraktur dazugezählt werden.

► **Intrinsisches Impingement.** Zum intrinsischen Impingement zählen Ursachen, die innerhalb der Sehne selbst zu finden sind. Dies sind die Degeneration mit den bereits dargestellten prädisponierenden Faktoren, akute Verletzungen oder Überlastung der Rotatorenmanschette, entzündliche Sehnenerkrankungen, wie rheumatoide Arthritis oder Kalziumablagerung, Sehnenveränderungen bei Systemerkrankungen, wie Diabetes mellitus, Nierenerkrankungen oder Kortisonbelastung.

► **Inneres Impingement.** Vom zuletzt eingebrachten Begriff des inneren (internal) Impingement, auch bekannt als posterosuperiores glenoidales Impingement, sind vor allem Athleten mit Überkopfbewegungen (z. B. bei Wurfsporarten) betroffen. Es kommt dabei durch extreme Abduktion und Außenrotation zum wiederholten Kontakt zwischen der Unterfläche der Rotatorenmanschette und dem posterosuperioren Rand des Glenoids. Die Folge sind gelenkseitige Rupturen der Rotatorenmanschette an der Kreuzungsstelle von Supraspinatus- und Infraspinatussehne sowie Läsionen des superioren Labrums.

Leitsymptome

Das klassische klinische Zeichen des Impingement-Syndroms ist der bei einer Abduktion zwischen 80 und 120° auftretende Schmerz bei anfangs nicht eingeschränktem Bewegungsumfang. Dieses Phänomen wird als „Painful Arc“ bezeichnet und ist charakteristisch, jedoch nicht obligat. Die klinische Diagnose wird durch eine Reihe von Tests gesichert, wie den Neers-Impingement-Test (bei Injektion von Lokalanästhetika in den subakromialen Raum verschwindet der Schmerz), das Jobe-Zeichen (Schmerz bei aktiver Elevation gegen einen Widerstand bei einer Abduktion von 90° und einer Flexion von 20°) und das Hawkins-Zeichen (Schmerz bei 90°-Abduktion mit anschließender passiver Innenrotation, wodurch das Tuberculum majus unter das korakoakromiale Band gedrückt wird).

Differenzialdiagnosen

Die Differenzialdiagnosen des Impingement-Syndroms sind in ► Tab. 5.3 zusammengefasst.

Stellenwert der Bildgebung

Prinzipiell ist das Impingement eine klinische Diagnose. Aufgabe der Bildgebung ist es, Folgen und Ursachen eines Impingement zu erkennen. Zur wichtigsten Folge des Impingement zählen die Veränderungen an der Rotatorenmanschette. Zu Beginn eines Impingement ist diese unauffällig; im weiteren Verlauf folgen eine degenerative Tendinopathie, ein partieller Riss und ein kompletter Riss der Rotatorenmanschette. Zu den Folgen des Impingement werden auch ein Erguss oder eine Bursitis der Bursa subacromialis bzw. subdeltoidea und eine degenerative Veränderung des Akromioklavikulargelenks gerechnet.

Ursachen eines Impingement können, müssen aber nicht vorliegen und in der Bildgebung zur Darstellung kommen. Ursachen sind Veränderungen am korakoakromialen Bogen und betreffen hauptsächlich das Akromion selbst. Es kann sich um angeborene Veränderungen der Akromionform und des -verlaufs und um erworbene Veränderungen, wie subakromiale Osteophyten, handeln.

Tabelle 5.2 Impingement-Ursachen.

Primäres extrinsisches Impingement	Sekundäres extrinsisches Impingement	Intrinsisches Impingement	Inneres Impingement
<ul style="list-style-type: none"> • Akromion Typ III • steil abfallendes Akromion • Osteophyt des vorderen Akromions • kaudaler Klavikeloosteophyt • Os acromiale • Processus coracoideus (< 5,5 mm) • verbreitertes Lig. coracoacromiale 	<ul style="list-style-type: none"> • prominentes Tuberculum majus • Humeruskopffraktur • glenohumerale Instabilität 	<ul style="list-style-type: none"> • Degeneration mit prädisponierenden Faktoren • Trauma, Überlastung • Entzündung, wie rheumatoide Arthritis, Kalziumablagerung • systemisch: Diabetes mellitus, Kortison, Niereninsuffizienz • Hypertrophie der Rotatorenmanschette • Tendinitis calcarea (?) 	<ul style="list-style-type: none"> • posterosuperiores glenoidales Impingement

Tabelle 5.3 Differenzialdiagnosen des Impingement-Syndroms.

Schultererkrankungen	Erkrankungen des Bewegungsapparats	Systemische Erkrankungen
<ul style="list-style-type: none"> • Bizepstitis • Arthritis des Akromioklavikulargelenks • glenohumerale Arthritis • avaskuläre Nekrose 	<ul style="list-style-type: none"> • Spondyloarthropathie • zervikale Radikulitis • Neoplasma des Schultergürtels 	<ul style="list-style-type: none"> • Koronarsuffizienz • Cholezystitis • Pancoast-Tumor • Thoracic-Outlet-Syndrom

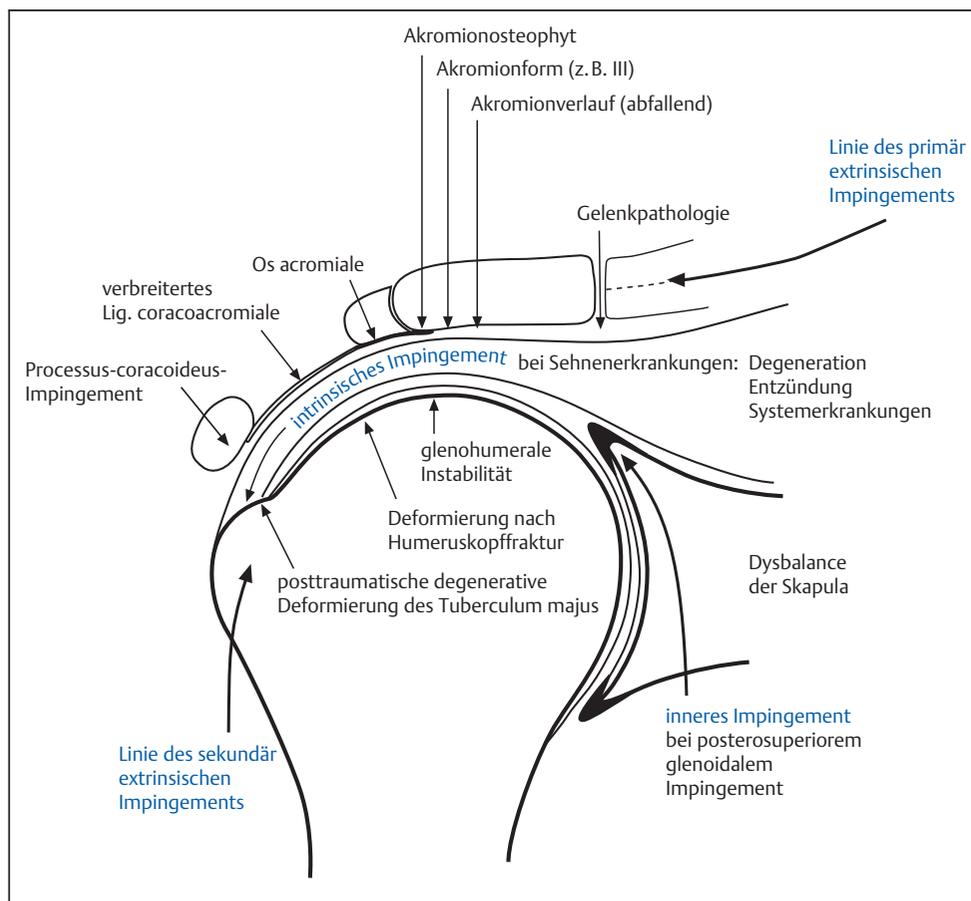


Abb. 5.15 Ursachen des Impingement der Schulter. Schematische Darstellung.

Primär extrinsisch: hakenförmiges Akromion, abfallendes Akromion, Os acromiale, subakromialer Osteophyt, Hypertrophie des Lig. coracoacromiale
Sekundär extrinsisch: glenohumerale Instabilität, prominentes Tuberculum majus, Humeruskopffraktur
Intern: posterosuperiores glenoidales Impingement
Intrinsisch: Degeneration, Trauma – Überlastung, Entzündung: rheumatoide Arthritis, Kalziumablagerung, systemisch: Diabetes mellitus, Niereninsuffizienz, chronische Kortisonmedikation

5.3.2 Normale Anatomie der Rotatorenmanschette

Eine Sehnenkappe umschließt den Humeruskopf und hält ihn bei jeder Bewegung in der Gelenkpfanne. Diese Sehnenkappe wird in der Klinik auch „Rotatorenmanschette“ genannt. Die Rotatorenmanschette setzt sich aus den Sehnen von M. subscapularis, M. supraspinatus, M. infraspinatus und M. teres minor zusammen (▶ Tab. 5.4 sowie ▶ Abb. 5.16, ▶ Abb. 5.17 u. ▶ Abb. 5.18). Die Muskeln der Rotatorenmanschette werden aus ventralen und dorsalen Ästen der Aa. circumflexae humeri anterior und posterior und der A. subscapularis mit Blut versorgt.

5 5.3.3 Tendinose der Rotatorenmanschette

Der Begriff „Impingement“ beschreibt einen chronisch-degenerativen Prozess. Die Bezeichnung „Tendinitis“ sollte vermieden werden, da in der Sehne selbst primär keine entzündlichen Veränderungen ablaufen, sondern diese sekundär im umgebenden Gewebe, wie z. B. in der Bursa, nachweisbar sind.

Bildgebende Zeichen

MRT-Zeichen einer chronisch-degenerativen Tendinopathie der Rotatorenmanschette, insbesondere der Supraspinatussehne, sind – neben einer normal breiten – eine verbreiterte Sehne, evtl. auch eine ungleichmäßig konturierte Sehne. Es findet sich eine Signalanhebung im Sehnenverlauf, die T2w geringfügig ausgeprägt und PDw sowie T1w nachweisbar ist (▶ Abb. 5.19). Weitere Zeichen sind ein Gelenkerguss und eine Ergussbildung in der Bursa subacromialis bzw. subdeltoidea. Zeichen eines partiellen oder kompletten Risses sind nicht nachweisbar.

Zu unterscheiden ist davon das Magic-Angle-Artefakt. Beim Magic-Angle-Artefakt findet sich eine Signalanhebung entlang der Ausrichtung von Kollagenfasern von 55° zum Hauptmagnetfeld in Sequenzen mit einer kurzen Echozeit, also T1w SE-Sequenzen. Diese umschriebene Signalveränderung fehlt bei Winkeln, die größer oder kleiner als 55° zum Hauptfeld sind, bei Sequenzen mit längeren Echozeiten, also T2w Sequenzen, oder bei einer unterschiedlichen Positionierung im Verhältnis zum Hauptfeld.

5.3.4 Partiieller Riss der Rotatorenmanschette

Partielle Risse können an der Seite des Humeruskopfs (▶ Abb. 5.20) oder an der Seite der Bursa vorkommen (▶ Abb. 5.21) und sind durch umschriebene, signalreiche Vertiefungen charakterisiert. Intratendinöse Einrisse (▶ Abb. 5.22), die meist als Sonderform partieller Risse angesehen werden, sind gewöhnlich in der Mitte der Sehne lokalisiert, also zwischen oberflächlichen und tiefen Faserzügen, als Folge eines Abriebs zwischen den beiden Schichten. Intratendinöse Einrisse orientieren sich in Sehnenrichtung.

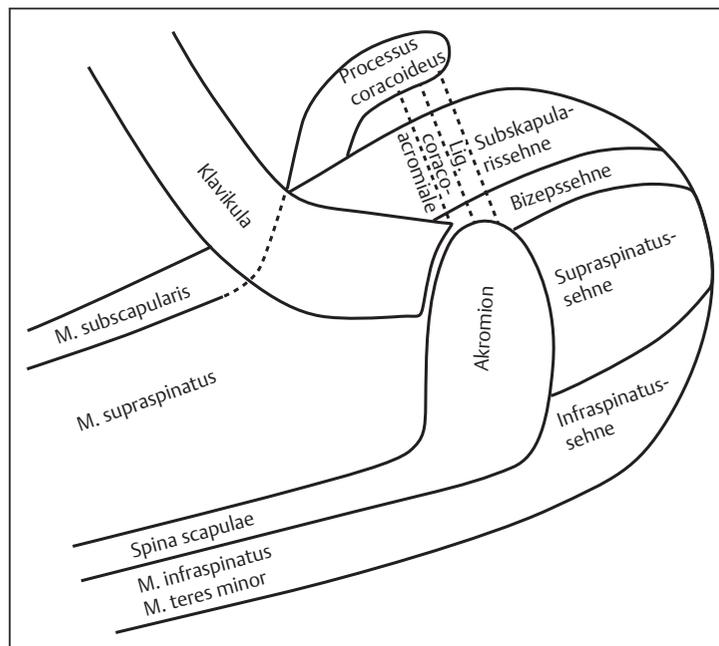


Abb. 5.16 Anatomie der Rotatorenmanschette. Aufsicht, schematische Darstellung. Dargestellt sind die Muskeln der Rotatorenmanschette von ventral nach dorsal – M. subscapularis, M. supraspinatus, M. infraspinatus und M. teres minor – im Verhältnis zu den knöchernen Strukturen der Skapula, wie Spina scapulae, Akromion, laterale Klavikula und Processus coracoideus.

Tabelle 5.4 Anatomie der Rotatorenmanschette.

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
M. subscapularis	Innenfläche der Skapula	Tuberculum minus	N. subscapularis	Innenrotation
M. supraspinatus	Fossa supraspinata scapulae	Tuberculum majus	N. suprascapularis	Abduktion (stärkster Abduktor in Ruheposition)
M. infraspinatus	Fossa infraspinata scapulae	Tuberculum majus	N. suprascapularis	Außenrotation, Abduktion
M. teres minor	Margo lateralis scapulae	Tuberculum majus	N. axillaris	Außenrotation, Retroflexion des Oberarms

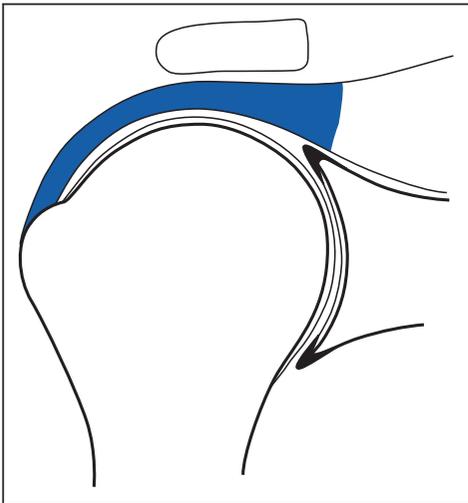


Abb. 5.17 Anatomie der Rotatorenmanschette in der parakoronalen Schnittebene. Schematische Darstellung. Im Zentrum steht die Sehne des M. supraspinatus mit dem anatomischen Spannungsfeld von Ansatzbereich, Humeruskopf und Akromion.



Abb. 5.18 Anatomie der Rotatorenmanschette in der parasagittalen Schnittebene. Schematische Darstellung. Die Sehnen der Mm. subscapularis, biceps, supraspinatus, infraspinatus und teres minor reihen sich manschettentartig aneinander.

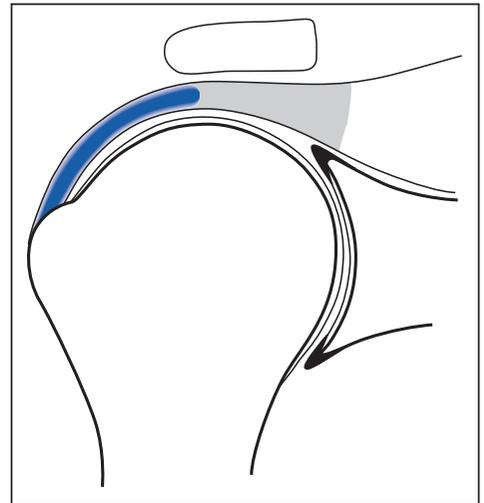


Abb. 5.19 Tendinose der Rotatorenmanschette. Schematische Darstellung. Degenerative Veränderungen im Bereich der Rotatorenmanschette finden sich überwiegend an der Sehne des M. supraspinatus. Typisches MRT-Zeichen ist eine Signalanhebung innerhalb der Sehne, die T1w und PDw mit Fettsättigung gering- bis mäßiggradig ausfällt, T2w dagegen nicht oder nur andeutungsweise nachweisbar ist.

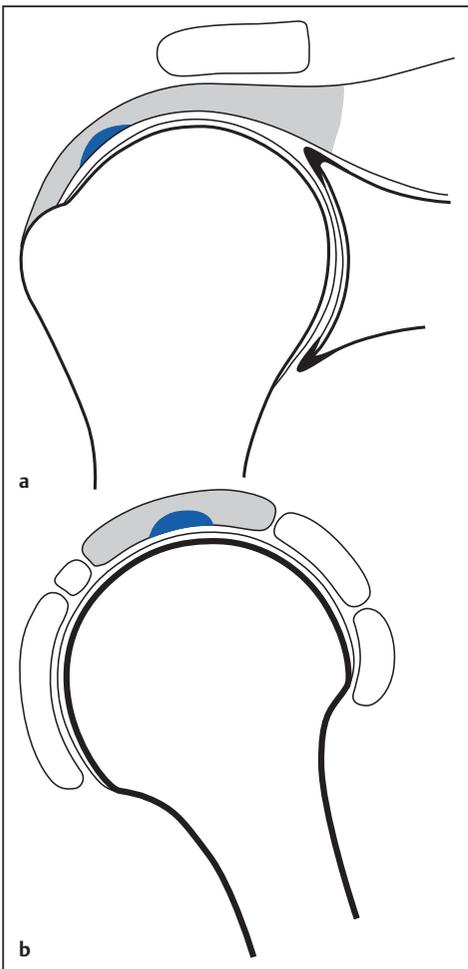


Abb. 5.20 a, b Innengelegener (gelenkseitiger) Einriss. Partieller Riss der Sehne des M. supraspinatus mit Kontakt zum Gelenkkavum. Schematische Darstellung.
a Parakoronaler Schnitt.
b Parasagittaler Schnitt.

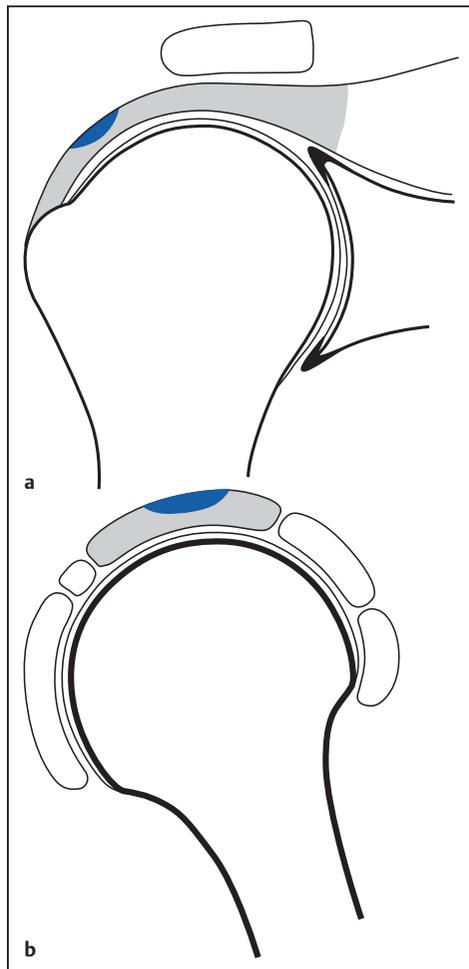


Abb. 5.21 a, b Außen gelegener (bursaseitiger) Einriss. Partieller Riss der Sehne des M. supraspinatus mit Kontakt zur Bursa subacromialis. Schematische Darstellung.
a Parakoronaler Schnitt.
b Parasagittaler Schnitt.

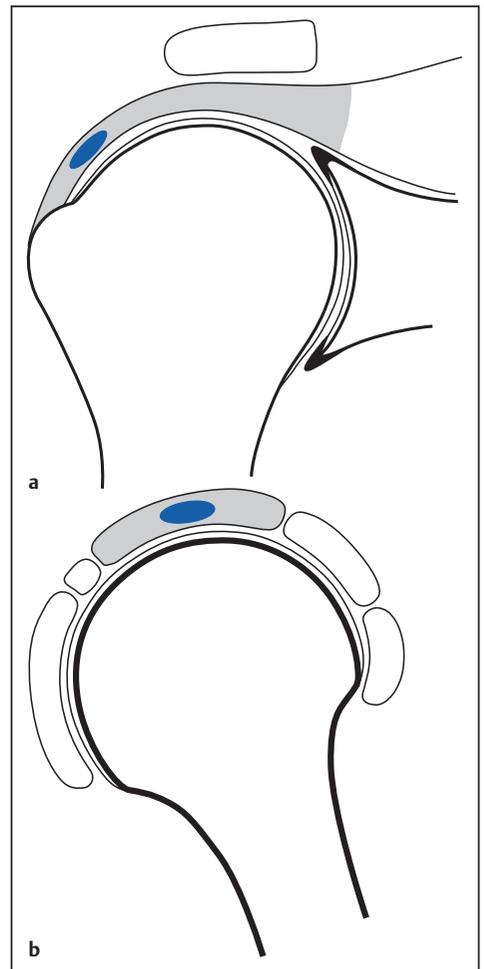


Abb. 5.22 a, b Intratendinöser Einriss. Partieller Riss der Sehne des M. supraspinatus ohne Kontakt zu Gelenk oder Bursa subacromialis. Schematische Darstellung.
a Parakoronaler Schnitt.
b Parasagittaler Schnitt.

Bildgebende Zeichen

Mit der MRT werden nicht alle partiellen Risse der Rotatorenmanschette erfasst. Die Sensitivität (50–89%) und die Spezifität (75–89%) liegen bei partiellen Rissen niedriger als bei kompletten Rissen. Die Aussagekraft ist bei Verwendung von Fettunterdrückung und einer höheren Ortsauflösung besser.

Folgende MRT-Zeichen zeigen sich bei partiellen Rissen (► **Abb. 5.23** bis ► **Abb. 5.29**):

- **Signalanhebung:** Das typische MRT-Zeichen eines partiellen Risses ist die deutliche flüssigkeitsäquivalente Signalanhebung in einer T2w Sequenz. Diese findet sich in einem der folgenden Abschnitte:
 - im äußeren, bursalen Abschnitt der Sehne
 - im inneren, dem Gelenk zugewandten Abschnitt der Sehne
 - innerhalb der Sehne bei regulärer äußerer und innerer Kontur

- **Graduierung:** Nach Ellman (1990) [5] ist eine Graduierung der Partialruptur in 3 Grade möglich:
 - *Grad I:* minimal oder bis 3 mm;
 - *Grad II:* bis 50% der Sehnenbreite;
 - *Grad III:* über 50% der Sehnenbreite.
- **Weitere Zeichen:** Jede Konturunregelmäßigkeit, umschriebene Versmälnerung oder Verbreiterung kann auf einen Sehneneinriss hinweisen. Ein Erguss der Bursa subacromialis und ein Gelenkerguss kommen auch bei partiellen Rissen vor.

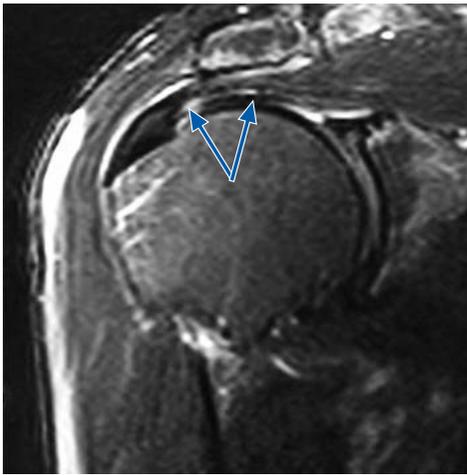


Abb. 5.23 Gelenkseitiger partieller Riss der Rotatorenmanschette. In einer parakoronalen STIR-Sequenz zeigt sich eine gelenkseitige Verschmälerung der Supraspinatussehne (Pfeile). Der Bereich des partiellen Risses stellt sich signalreich dar. Die bursseitige Kontur der Supraspinatussehne ist intakt.



Abb. 5.24 Gelenkseitiger partieller Riss der Rotatorenmanschette. In einer parakoronalen STIR-Sequenz findet sich eine gelenkseitige Verschmälerung der Supraspinatussehne (Pfeile) von geringfügiger Ausprägung.

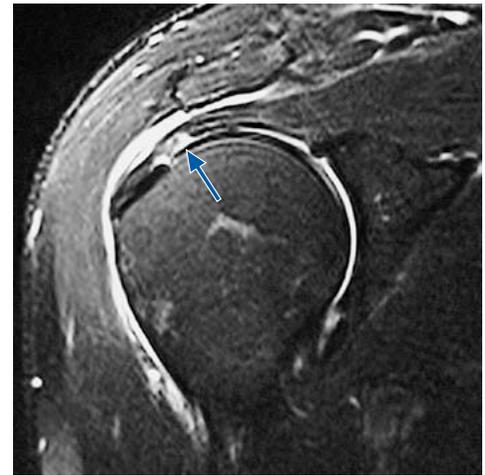


Abb. 5.25 Gelenkseitiger partieller Riss der Rotatorenmanschette. In einer parakoronalen STIR-Sequenz zeigt sich eine deutliche, innen bzw. gelenkseitig gelegene Diskontinuität der Supraspinatussehne (Pfeil), die mit Flüssigkeit aufgefüllt ist. Die nach außen gewandte Kontur der Supraspinatussehne ist intakt.

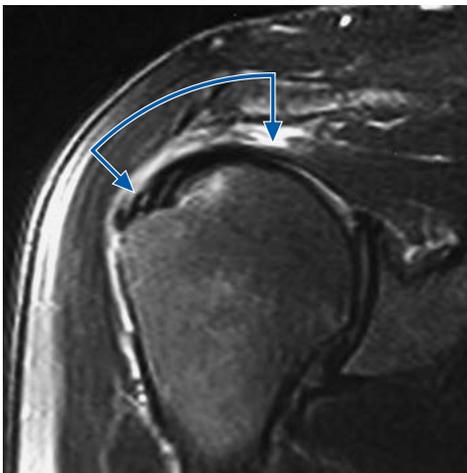


Abb. 5.26 Bursaseitiger partieller Riss der Rotatorenmanschette. In einer parakoronalen STIR-Sequenz kommt eine außen gelegene bzw. bursaseitige Verschmälerung der Supraspinatussehne zur Darstellung (Pfeile); die Verschmälerung betrifft die gesamte Sehnenlänge. Der Bereich des partiellen Risses stellt sich signalreich dar und geht direkt in die flüssigkeitshaltige Bursa über. Die innere Kontur der Supraspinatussehne ist intakt.

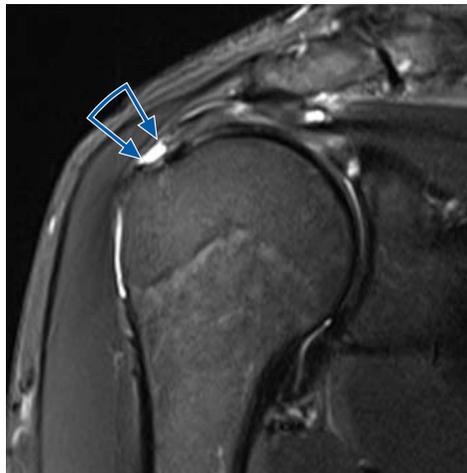


Abb. 5.27 Bursaseitiger partieller Riss der Rotatorenmanschette. In einer parakoronalen STIR-Sequenz findet sich eine außen gelegene bzw. bursaseitige Verschmälerung der Supraspinatussehne (Pfeile), die im Vergleich zu ► **Abb. 5.26** kürzer, aber dafür tiefer ausgeprägt ist.

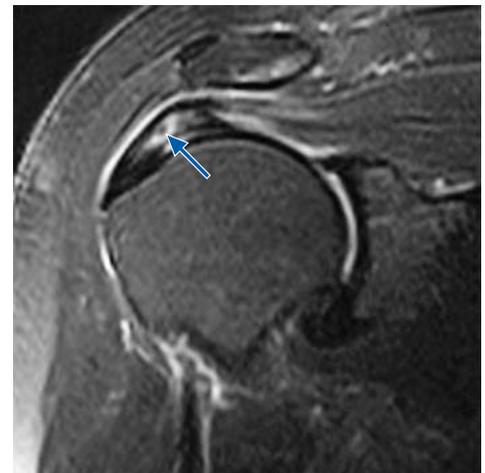


Abb. 5.28 Intratendinöser partieller Riss der Rotatorenmanschette. In einer parakoronalen STIR-Sequenz zeigt sich eine intratendinöse Signalalteration der Supraspinatussehne (Pfeil). Die innen- und außen-seitige Kontur der Supraspinatussehne ist intakt.

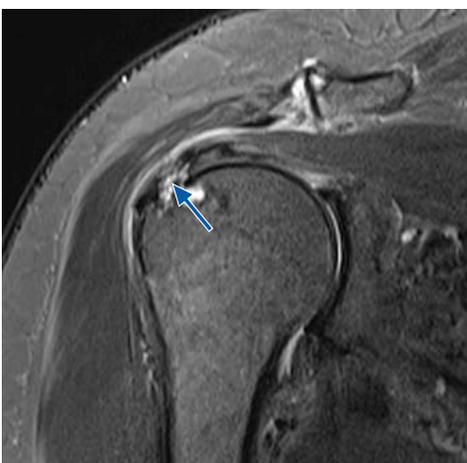


Abb. 5.29 Intratendinöser partieller Riss der Rotatorenmanschette. In einer parakoronalen STIR-Sequenz zeigt sich eine intratendinöse Signalalteration am Ansatz der Supraspinatussehne. Zusätzlich finden sich degenerative Veränderungen am Sehnenansatz mit Zystenbildungen. Des Weiteren liegt eine Bursitis der Bursa subacromialis subdeltoidea vor.

Partieller Riss direkt am Sehnenansatz

Neben Sehnenrissen im distalen Sehnenabschnitt der Rotatorenmanchette ist der unmittelbare Ansatzbereich eine bevorzugte Lokalisation von Rissbildungen im Rahmen eines Impingement-Syndroms (► Abb. 5.30 bis ► Abb. 5.35). Auch an dieser Stelle können, so wie in der distalen Sehne, die Lokalisationen des Risses als außenseitig, innenseitig oder intratendinös angegeben werden. Des Weiteren gibt es dort spezielle Rissformen, wie z. B. die PASTA-Läsion. Es handelt sich bei den Rissbildungen direkt am Sehnenansatz um häufige und typische Manifestationen. Zusätzlich können Veränderungen im knöchernen Abschnitt des Sehnenansatzes vorliegen, wie ein Knochenmarködem, und im chronischen Verlauf Zystenbildungen, Sklerosierungen, Randanbauten und Deformierung des knöchernen Sehnenansatzes selbst.

► Graduierung.

- **Grad 1:** Rissausmaß weniger als 3 mm; mit Kapsel- oder oberflächlichen Faserrissen
- **Grad 2:** Rissausmaß 3–6 mm bzw. weniger als 50% der Sehnenbreite
- **Grad 3:** Rissausmaß mehr als 6 mm oder mehr als 50% der Breite der Sehne

Eine andere Möglichkeit der Einteilung der partiellen Rupturen richtet sich danach, in welchem Ausmaß der Sehnenansatz (Footprint) betroffen ist.

► **Anatomische Voraussetzung.** Die Faserzüge der Sehne verlaufen in mehreren Schichten. Die außenseitige Schicht ist 3–5 mm dick; die Kollagenfasern verlaufen parallel und sind dicht gepackt. Diese außenseitige Sehnen-schicht ist doppelt so stark wie die innenseitige Sehnen-schicht. Die innenseitige Schicht ist 3 mm dick; kleinere Kollagenbündel verlaufen darin schräg zur außenseitigen Schicht. Dieser anatomische Schichtaufbau ist der Grund sowohl für Intrasubstanzsehnenrisse als auch für den Delaminationseffekt zwischen beiden Schichten. Der Sehnenansatz der Rotatorenmanchette wird auch als „Footprint“ bezeichnet. Der Sehnenansatz der Supraspinatussehne misst 12 × 20 mm, der Ansatz der Infrapinatussehne 19 × 25 mm. Die Sehnenansätze sind nicht rechteckig, sondern irregulär, mit anatomisch unterschiedlicher Ausdehnung des Kapselansatzes und unterschiedlicher Distanz zum Gelenkknorpel. Im Ansatzbereich ist der Verlauf der Sehnenfasern nicht ausschließlich parallel, sondern vernetzt und überlappend. So ist ein Teil des Ansatzes der Infrapinatussehne ventral im Bereich der Supraspinatussehne lokalisiert; dies erklärt Teilatrophien des M. infrapinatus bei vermeintlich isoliertem Riss der Supraspinatussehne.

► Spezielle Formen.

- **PAINT-Läsion:** Dieser partielle intratendinöse Sehnenriss tritt bevorzugt bei Wurf-sportarten auf und kann mit einem internen Impingement assoziiert sein. Die PAINT-Läsion zeigt im Rahmen des intratendinösen Risses einen Kontakt zum knöchernen Sehnenansatz (Partial Articular-sided tear Lesion Intratendinous extension).
- **PASTA-Läsion:** Bei diesem partiellen Riss kommt es direkt am Sehnenansatz am Tuberculum majus (Footprint) zu einer intratendinösen Rissbildung und damit zu einer Flüssigkeitsansammlung. Die Rissbildung kann sich nach proximal im Sinne einer Delamination ausdehnen und auch innenseitig die Oberfläche erreichen und dort einen lappenförmigen Riss ausbilden (Snyder). Die Lamination und die Rissbildung an der inneren Oberfläche sowie die Ausbildung eines sog. Lappens gehen Hand in Hand (Partial articular Side Supraspinatus Tendon Avulsion).

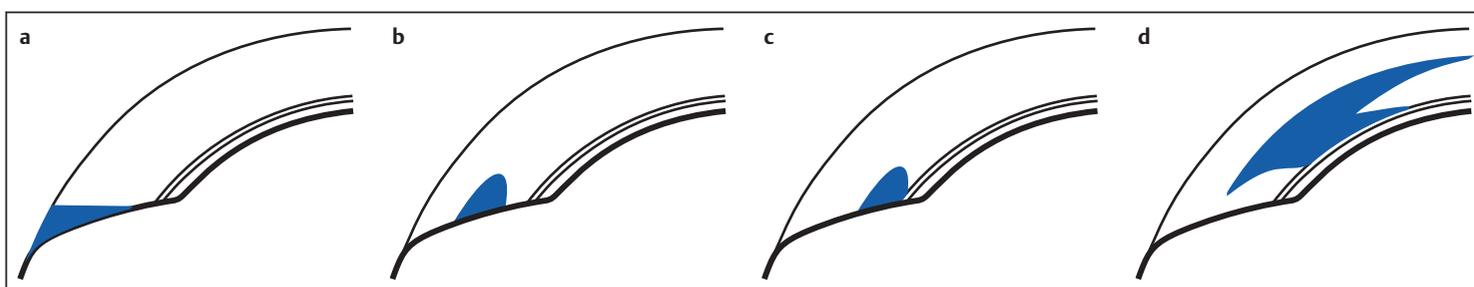


Abb. 5.30 a–d Verschiedene Formen partieller Sehnenrisse am Sehnenansatz. Schematische Darstellung.

- a Außen gelegener (bursaseitiger) Einriss am Sehnenansatz:** partieller Riss der Supraspinatussehne am Ansatz des Tuberculum majus mit Kontakt zur Bursa in einem parakoronalen Schnittschema.
- b Intratendinöser Einriss am Sehnenansatz:** partieller Riss der Supraspinatussehne ohne Kontakt zum Gelenk oder zur Bursa, angrenzend an das Tuberculum majus in einem parakoronalen Schnittschema.

c Innen gelegener (gelenkseitiger) Einriss: partieller Riss der Supraspinatussehne am Sehnenansatz mit Kontakt zum Gelenkkavum in einem parakoronalen Schnittschema. Diese Rissformen am Ansatz können im Englischsprachigen auch als „RIM-RENT-LÄSION“ bezeichnet werden. Dabei kann der Begriff „PAINT-Läsion“ den gelenkseitigen Riss am Sehnenansatz ohne und mit Gelenkkontakt beinhalten und mit einer Wurf-sportanamnese assoziiert sein.

d PASTA-Läsion: Bei dieser speziellen Rissform kommt es zu einer Kombination aus distalem innenseitigem Sehnenriss mit einer distalen und insbesondere proximalen Flap- bzw. Lappenbildung und einem intratendinösen Einriss, der eine größere Ausdehnung zeigt und sich nach distal bis zum Sehnenansatz ausdehnt. „PASTA“ ist ein Akronym und steht für „Partial articular Side Supraspinatus Tendon Avulsion“ und beinhaltet in diesem Sinne typischerweise eine Sportanamnese.

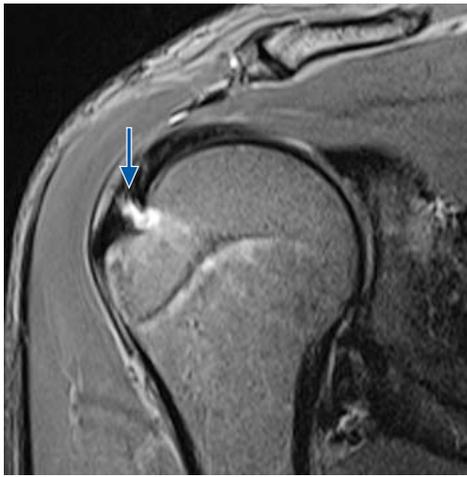


Abb. 5.31 Intratendinöser gelenknaher partieller Riss der Supraspinatussehne am Ansatz. In einer parakoronalen STIR-Sequenz findet sich eine umschriebene Signalanhebung (Pfeil) im Sinne einer Flüssigkeitsansammlung. Diese ist am Sehnenansatz am Tuberculum majus gelegen; die gelenkseitige Oberfläche wird gerade noch nicht erreicht. Es ist eine Begleitveränderung an der knöchernen Seite des Sehnenansatzes zu erkennen. Diese Läsion wird im englischsprachigen Raum auch als „Rim-Rent-Läsion“ oder „PAINT-Läsion“ bezeichnet.

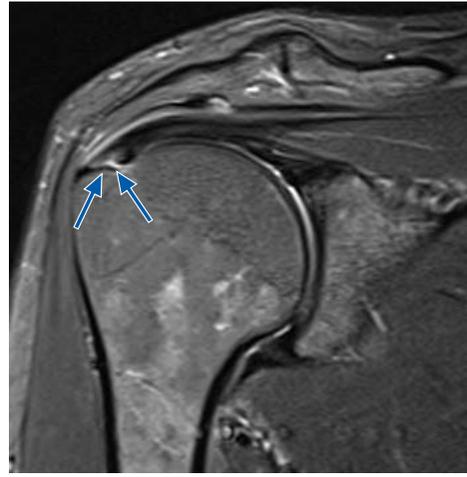


Abb. 5.32 Gelenkseitiger partieller Riss der Supraspinatussehne am Sehnenansatz. In der parakoronalen STIR-Sequenz zeigt sich eine intratendinöse Signalanhebung parallel zur Sehnenachse sowie eine 2., im rechten Winkel zur Sehnenachse ausgerichtete Signalanhebung, die die innenseitige gelenkseitige Oberfläche erreicht (Pfeile). Diese Läsion wird im Englischsprachigen auch als „Rim-Rent-Läsion“ oder „PAINT-Läsion“ bezeichnet.



Abb. 5.33 a, b Ausgedehnter, intratendinöser partieller Riss der Supraspinatussehne am Sehnenansatz. Ausgedehnte Flüssigkeitsansammlung am Sehnenansatz der Supraspinatussehne. Außen- und innenseitig ist am Sehnenansatz noch eine schmale Sehnenfaser zu erkennen. Der knöchernen Sehnenansatz selbst ist deutlich verändert und zeigt an dieser Stelle eine irreguläre knöchernen Zyste, teils mit Sklerosierung und teils mit perifokalem Knochenmarködem.
a Parakoronale STIR-Sequenz.
b Parakoronale T1w SE-Sequenz.

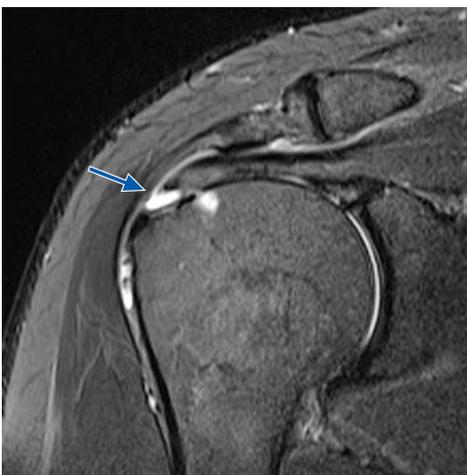


Abb. 5.34 Bursaseitiger partieller Riss der Supraspinatussehne am Sehnenansatz. Es zeigt sich im bursaseitigen Sehnenabschnitt bis tief intratendinös reichend eine bandförmige Flüssigkeitsansammlung zwischen Sehne und Tuberculum majus im Sinne einer deutlichen außenseitigen Rissbildung (Pfeil). Als Nebenbefund ist ein kleines rundliches Knochenmarködem medial des Tuberculum majus vorhanden.



Abb. 5.35 PASTA-Läsion der Supraspinatussehne. In einer parakoronalen STIR-Sequenz findet sich ein innenseitiger Sehnenriss der Supraspinatussehne im mittleren Abschnitt (Pfeile). Des Weiteren besteht eine Delamination innerhalb der Supraspinatussehne, die als lineare Signalanhebung distal bis in den Sehnenansatz und proximal bis in den Muskel-Sehnen-Übergang zu erkennen ist. Zudem liegen ein junges Erwachsenenalter und eine Sportanamnese vor.

5.3.5 Kompletter Riss der Rotatorenmanschette

Unter einem kompletten Riss wird eine die Sehne durchsetzende Signal-erhöhung von der artikulären bis zur bursalen Oberfläche der Rotatoren-manschette verstanden, die zumindest in einer Schicht nachweisbar ist. Mit der Bezeichnung „kompletter Riss der Rotatorenmanschette“ ist nicht ein kompletter Abriss der Sehne, bezogen auf den gesamten Sehnenquer-schnitt, gemeint. Sondern mit komplettem Riss der Sehne ist MR-tomo-grafisch ein Riss, bezogen auf den kurzen Durchmesser des Sehnenquer-schnitts, gemeint. Der englische Begriff „Full Thickness Tear“ bezieht sich eindeutiger auf die Sehnenbreite als die deutschen Bezeichnungen. Ak-tuell dient der Begriff „transmural“ als Behelf; er schließt diese Begriffs-lücke gut.

Bildgebende Zeichen

Bei Vorliegen eines kompletten Risses lässt sich die Rissposition bestim-men, und die Rissausdehnung lässt sich mit großer Genauigkeit messen.

Für die Diagnose von kompletten Rissen bietet die MRT eine hohe Sensi-tivität zwischen 81 und 97% sowie eine Spezifität zwischen 93 und 97%.

Es zeigen sich folgende typischen MRT-Zeichen (► **Tab. 5.5** sowie ► **Abb. 5.36**, ► **Abb. 5.37** u. ► **Abb. 5.38**):

- **Signalanstieg:** Es findet sich ein Signalanstieg im Verlauf der Sehne, der zumindest in einer Schicht von der artikulären bis zur bursalen Ober-fläche reicht und damit der Definition eines kompletten transmuralen Risses entspricht. Diese Signalanhebung wird überwiegend durch Flüssig-keit, aber auch durch eine Synovitis oder Granulationsgewebe verur-sacht.

- **Sehnenretraktion:** Diese korreliert mit der Rissgröße. Bei einer ausge-dehnten Retraktion besteht auch der Eindruck einer fehlenden Sehne.
- **Sehnenstümpfe:** Diese sind beim Impingement aufgrund des chroni-schen Verlaufs oft verschmälert. Bei einer traumatischen Ursache des Risses können die Sehnenstümpfe auch verbreitert, signalverändert und ausgefranst sein. Gerade beim traumatischen Riss kann eine ödem-entsprechende Signalveränderung bis in den muskulären Abschnitt rei-chen.
- **Gelenkerguss und Erguss der Bursa subacromialis bzw. subdeltoidea:** Typisch ist eine deutliche Ergussbildung in beiden Kompartments mit einer direkten Verbindung im Rissbereich.
- **Humeruskopfhochstand:** Bei einer Distanzminderung zwischen Hu-meruskopf und Akromion auf 7 mm und weniger ist eine Rissbildung in der Rotatorenmanschette anzunehmen. Bei komplettem Riss kommt es bis zur Artikulation zwischen Humeruskopf und Akromion.
- **Signalverlust des peribursalen Fettgewebes:** Die Bursa subacromialis bzw. subdeltoidea ist von einem schmalen Fettsaum umgeben. Bei län-ger bestehendem Bursaerguss und Bursitis kommt es zu einer Signal-reduktion dieses Fettsaums. Dieses Zeichen ist auch ohne Rissbildung bei einer chronischen Bursitis nachweisbar.
- **Knöcherner Veränderungen:** Ossäre Veränderungen am Ansatz der Ro-tatorenmanschette, wie Zysten, Ödem, unregelmäßige Kontur und Os-teophytenbildungen, sind Ausdruck einer chronischen Impingement-Problematis.
- **Sekundärarthrose:** Zeichen dafür sind osteophytäre Randanbauten an den Gelenkrändern, eine Knorpelverschmälierung und subchondrale Knochenmarkveränderungen.

Tabelle 5.5 Analyse der Rotatorenmanschette in der MRT.

Morphologisches Zeichen	Art der Sehnenveränderung	Signalverhalten	Lokalisation/Ausmaß
Signalveränderung	Tendinose	T1w	
Kontinuität der Sehnenbreite	partieller Riss	T2w	außenseitig innenseitig intratendinös
	kompletter Riss	T2w	Lokalisation – welche Sehne? Lokalisation – Sehnenabschnitt?
Rissausdehnung	parakoronar	T2w	Retraktion der Sehne
	parasagittal	T2w	Ausmaß und Anzahl der Sehnen
Muskelstatus	parasagittal	T2w/T1w	normal Atrophie Degeneration

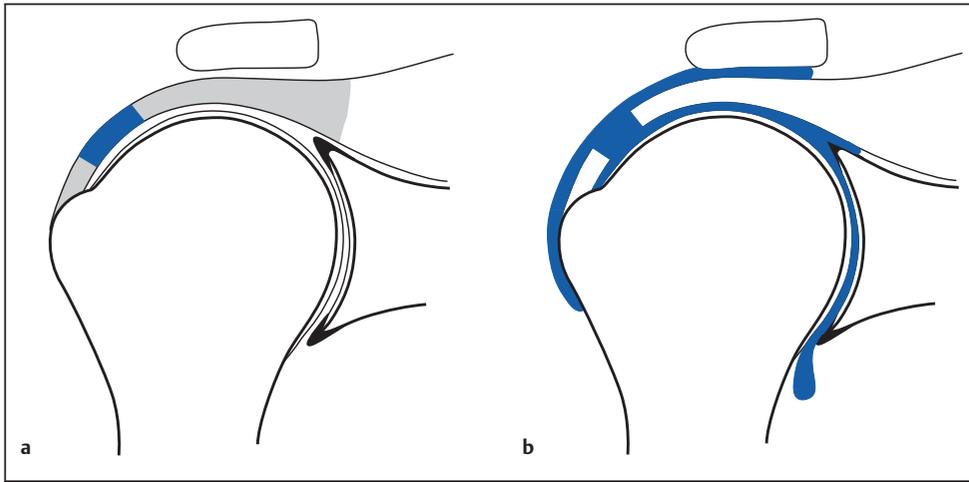


Abb. 5.36 a, b MRT-Zeichen eines kompletten Risses der Rotatorenmanschette. Schematische Darstellung.

- a Als direktes Zeichen findet sich eine vollständige Diskontinuität der Sehne der Rotatorenmanschette. Diese reicht von der inneren, artikulären Oberfläche bis zur äußeren, bursalen Oberfläche.
- b Als weiteres Zeichen ist dieser Defekt mit Flüssigkeit aufgefüllt. Es besteht damit eine kontinuierliche Verbindung zwischen Gelenkerguss und Erguss der Bursa subacromialis.

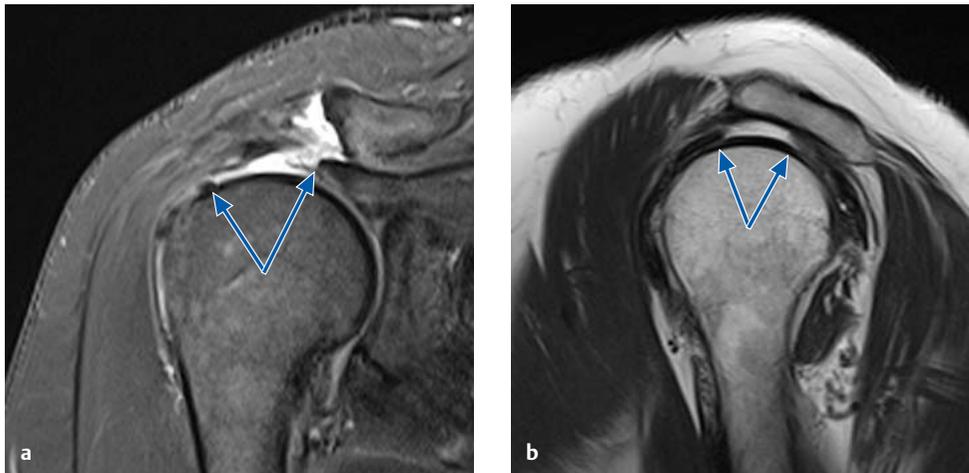


Abb. 5.37 a, b MRT-Zeichen einer kompletten transmuralem Ruptur der Supraspinatussehne.

- In beiden gezeigten Sequenzen findet sich eine vollständige Diskontinuität der signalarmen Supraspinatussehne, die die gesamte Breite, vom Gelenk bis zur Bursa, betrifft. Der Sehnendefekt ist durch signalreiche Flüssigkeit aufgefüllt (Pfeile).
- a Parakoronale STIR-Sequenz.
 - b Parasagittale T2w SE-Sequenz.

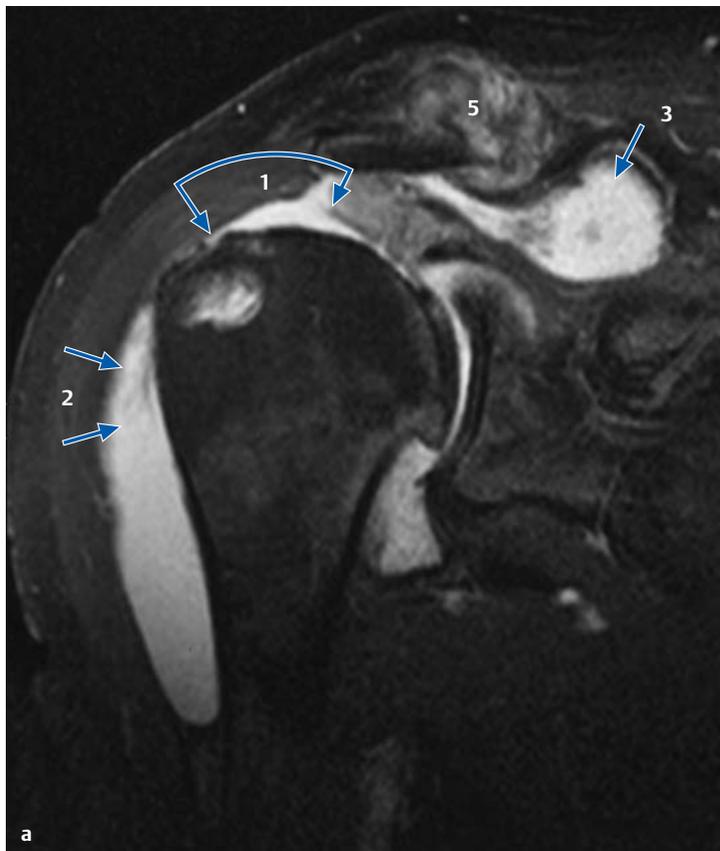


Abb. 5.38 a, b MRT-Zeichen einer kompletten Ruptur der Supraspinatussehne. Es zeigt sich neben einer vollständigen Diskontinuität der Supraspinatussehne auch deren Retraktion (1). Es besteht ein Gelenkerguss, der sich in einen deutlichen Erguss der Bursa fortsetzt (2). Nach medial besteht eine Flüssigkeitsansammlung, die sich entlang der atrophien Muskulatur des M. supraspinatus ausdehnt (3). Als Zeichen des

chronischen Verlaufs finden sich degenerative Veränderungen in Form einer Zyste am Tuberculum majus (4), einer Arthrose des Akromioklavikulargelenks (5) und von Osteophyten am Gelenkrand des Humeruskopfs (6).

- a Parakoronale STIR-Sequenz.
- b Parakoronale T1w SE-Sequenz.

Ausdehnung und Klassifikationen

Prinzipiell gilt, dass je ausgedehnter eine komplette Ruptur ist und je länger sie besteht, desto schlechter auch die Prognose ist, besonders die Prognose eines chirurgischen Eingriffs. Wichtig für die Einschätzung der Ausdehnung ist die Rissbeurteilung in 2 Ebenen, nämlich die maximale Ausdehnung in der parakoronalen und in der parasagittalen Ebene (► Abb. 5.39 bis ► Abb. 5.51). Für die Beschreibung der Ausdehnung gibt es verschiedene Klassifikationen, bei denen die einzelnen Stufen unterschiedlich definiert werden. Gemessen wird die Distanz der Sehnenstümpfe meist in der parakoronalen Schnittführung:

- **Ciepiela (1996) [2]:**
 - *kleiner Riss*: Distanz der Sehnenstümpfe bis 1 cm;
 - *mittlerer Riss*: Distanz von 1–3 cm;
 - *großer Riss*: Distanz von 3–5 cm;
 - *massiver Riss*: Distanz größer als 5 cm.
- **Elmann (1991) [5]:**
 - *kleiner Riss*: weniger als 2 cm;
 - *mittlerer Riss*: 2–4 cm;
 - *großer Riss*: mehr als 4 cm.
- **Patte (1990) [20]:**
 - *Stadium I*: Sehnenstumpf nahe dem knöchernen Ansatz;
 - *Stadium II*: Sehnenstumpf auf Höhe des Humeruskopfs;
 - *Stadium III*: Sehnenstumpf auf Höhe des Glenoids.
- **Harryman (1999) [8]** definiert die Rissausdehnung nach der Anzahl der betroffenen Sehnen:
 - *kleiner Riss (Stadium I)*: nur die Supraspinatussehne ist betroffen;
 - *mittlere Rissgröße (Stadium II)*: Supraspinatussehne und ein Teil der Infraspinatussehne sind betroffen;
 - *ausgedehnte Ruptur (Stadium III)*: Supraspinatussehne, Infraspinatussehne und Subskapularissehne sind betroffen;
 - *Stadium IV*: Atrophie der Rotatorenmanschette.
- **Neer (1972) [15]** teilte die Rotatorenmanschettenrisse nach der Ursache ein:
 - Impingement-Risse;
 - traumatische Risse (Einzelunfall, repetitive Mikrotraumata, maximale Gewalteinwirkung);
 - Risse (überwiegend Intervallrisse) bei meist multidirektionaler Instabilität, Risse bei Schulterluxation nach dem 40. Lebensjahr.
- Rotatorenmanschettenrisse können auch nach ihrem **Alter** definiert werden:
 - *akute Risse*: weniger als 6 Wochen alt, meist traumatischer Genese;
 - *subakute Risse*: zwischen 6 Wochen und 6 Monaten alt;
 - *chronische Risse*: älter als 6 Monate; werden am häufigsten diagnostiziert.

► **Ausbreitung bei Impingement.** Die meisten partiellen und auch die kleinen kompletten Risse der Rotatorenmanschette beginnen gelenkseitig im vorderen und distalen Abschnitt der Supraspinatussehne. Von dort dehnt sich der Riss nach dorsal und proximal aus. Die häufigste Rissstelle ist unmittelbar am knöchernen Ansatz oder sehr ansatznahe. Von der Supraspinatussehne ausgehend nimmt die Rissbildung kontinuierlich zu, greift über nach dorsal auf die Infraspinatussehne und die Teres-minor-Sehne und nach ventral auf die Subskapularissehne und die Bizepssehne. Dieses typische Ausbreitungsmuster ist beim Impingement zu finden. Isolierte Sehnenrisse außerhalb der Supraspinatussehne sind meist nicht durch ein Impingement verursacht.

5.3.6 Risse von einzelnen Sehnen der Rotatorenmanschette

Riss der Subskapularissehne

Drei Arten von Subskapularissehnenrissen kommen vor: der isolierte Riss, die Beteiligung beim Riss der gesamten Rotatorenmanschette und der Kombinationsriss mit der Supraspinatussehne.

Der isolierte Riss der Subskapularissehne ist sehr selten und meist posttraumatisch. Die Graduierung von Subskapularissehnenrissen kann nach der Klassifikation von Fox und Romeo (2003) [7] erfolgen: Grad 1: Partialruptur; Grad 2: komplette Ruptur der kranialen 25% der Sehne; Grad 3: komplette Ruptur der kranialen 50% der Sehne; Grad 4: komplette Ruptur aller Sehnenanteile. Der Kombinationsriss von Subskapularis- und Supraspinatussehne kommt ebenfalls meist posttraumatisch vor. Am häufigsten ist die Subskapularissehne im Rahmen eines Impingement in Kombination mit der Supra- und Infraspinatussehne gerissen; dabei reicht der Riss manchmal auch bis zur Teres-minor-Sehne. Ein kompletter Riss der Subskapularissehne ist die Voraussetzung für eine mediale Dislokation der Bizepssehne.

Riss der Infraspinatussehne

Isolierte komplette Infraspinatussehnenrisse sind selten; sie entstehen durch ein inneres subglenoidales Impingement oder bei einem schwerwiegenden Trauma mit posteriorer Schulterluxation. Partielle Risse entstehen an der Grenze zum Supraspinatusmuskel beim Sport (Überkopfwurf-Sportarten) in Verbindung mit dem genannten inneren subglenoidalen Impingement.

Riss der Teres-minor-Sehne

Isolierte Risse der Teres-minor-Sehne sind sehr selten. Risse dieser Sehne treten meist in Kombination mit einem ausgedehnten kompletten Riss der gesamten Rotatorenmanschette auf.

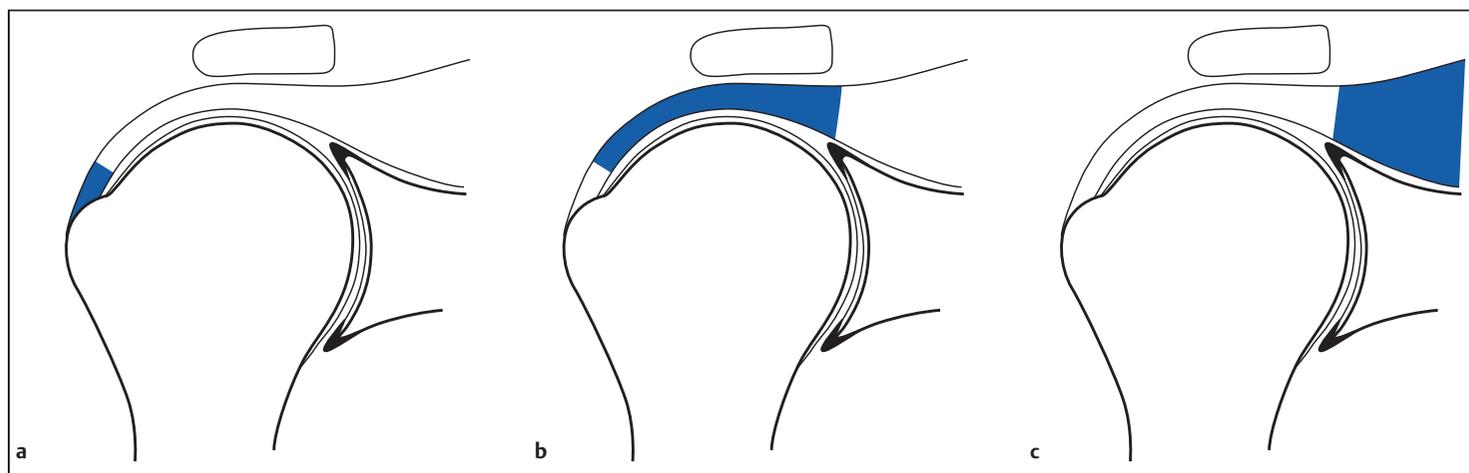


Abb. 5.39 a–c Unterschiedliche Ausprägungsgrade eines kompletten Risses der Supraspinatussehne. Nach Patte (1990) [20] kann die Ausdehnung in 3 Stadien eingeteilt werden. Schematische Darstellung.

a Stadium I: Sehnenstumpf nahe dem knöchernen Ansatz.
b Stadium II: Sehnenstumpf auf Höhe des Humeruskopfs.
c Stadium III: Sehnenstumpf auf Höhe des Glenoids.