

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR RÖNTGENDIAGNOSTIK
DIREKTOR: PROF. DR. CHRISTIAN STROSZCZYNSKI
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Evaluation der diagnostischen Aussagekraft präoperativer
Magnetresonanztomographien des Schultergelenkes-
ein Vergleich zwischen orthopädischer und radiologischer
Auswertung**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Boris Herbst

2022

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR RÖNTGENDIAGNOSTIK
DIREKTOR: PROF. DR. CHRISTIAN STROSZCZYNSKI
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Evaluation der diagnostischen Aussagekraft präoperativer
Magnetresonanztomographien des Schultergelenkes-
ein Vergleich zwischen orthopädischer und radiologischer
Auswertung**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Boris Herbst

2022

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	PD Dr. med. Patrick Hoffstetter
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Achim Benditz
Tag der mündlichen Prüfung:	23.06.2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
 - 1.1 Schultergelenkbeschwerden
 - 1.1.1 Anatomie des Schultergelenks
 - 1.1.2 Ätiologie und Epidemiologie
 - 1.1.3 Klinische Symptomatik
 - 1.1.4 Therapie
 - 1.2 Untersuchungsmethoden bei Schultergelenkbeschwerden
 - 1.2.1 Anamnese und Untersuchung
 - 1.2.2 Bildgebung
 - 1.2.2.1 Nativröntgen
 - 1.2.2.2 Sonographie
 - 1.2.2.3 Magnetresonanztomographie
 - 1.2.2.4 Computertomographie
 - 1.3 Klassifikationen
 - 1.3.1 Musculus Subscapularis
 - 1.3.2 Musculus Supraspinatus
 - 1.3.3 Musculus Infraspinatus
 - 1.3.4 Labrum Glenoidale
 - 1.3.5 Lange Bizepssehne
2. Zielsetzung
3. Patienten und Methoden
 - 3.1 Patientenkollektiv
 - 3.2 Erfassungsmethode
 - 3.3 MRT-Technik
 - 3.4 Operation
 - 3.5 Auswertung
 - 3.5.1 Untersucher
 - 3.5.2 Beurteilungskriterien
 - 3.5.2.1 Musculus Subscapularis
 - 3.5.2.2 Musculus Supraspinatus und Infraspinatus

3.5.2.3 Labrum Glenoidale

3.5.2.4 Lange Bizepssehne

3.5.3 Statistische Auswertung

4. Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

4.2 Intraobserverreliabilität nach Cohens Kappa

4.3 Rotatorenmanschette

4.3.1 Musculus Supraspinatus

4.3.2 Musculus Infraspinatus

4.3.3 Musculus Subscapularis

4.4 Lange Bizepssehne

4.5 Labrum Glenoidale

5. Diskussion

6. Fazit

7. Zusammenfassung

8. Abbildungsverzeichnis

9. Abkürzungsverzeichnis

10. Literaturverzeichnis

11. Danksagung

12. Lebenslauf

1. Einleitung

Schmerzen des Schultergelenks zählen zu den häufigen Beschwerden im Rahmen einer orthopädischen Konsultation (1) (2). Insbesondere vor einer geplanten Operation wird häufig bereits vorab eine Magnetresonanztomographie (MRT) angefertigt, die dann zur Beurteilung und Planung des Weiteren therapeutischen Vorgehens durch den Orthopäden mit herangezogen wird. Neben den Bildern bringen die Patienten in der Regel einen schriftlichen Untersuchungsbefund des Radiologen zur Konsultation mit oder dieser wird angefordert und in die Therapieplanung miteinbezogen.

Die korrekte Beurteilung der MRT ist sowohl für die Entscheidung der Notwendigkeit einer Operation, die Aufklärung des Patienten, als auch für die Operationsplanung selbst von erheblicher Relevanz. Genauso notwendig ist sie für die Planung eines eventuellen konservativen Vorgehens sowie die operative Nachbehandlung.

Hierbei zeigt sich im klinischen Alltag mitunter eine Diskrepanz in der Beurteilung der MRT-Befunde des Radiologen und der des behandelnden Orthopäden/Unfallchirurgen.

Das Ziel dieser Studie ist daher die diagnostische Aussagekraft der präoperativen MRT der Schulter unter besonderer Berücksichtigung der Interpretation im Vergleich zwischen Radiologen und Orthopäden zu evaluieren

1.1 Schultergelenkbeschwerden

Schultergelenkschmerzen sind häufig geäußerte Beschwerden im orthopädischen Alltag. Im jungen Alter sind fast ausschließlich traumatische Verletzungen ursächlich für die Beschwerden, mit zunehmendem Alter stehen die degenerativen Verletzungen im Vordergrund.

1.1.1 Anatomie der Schulter

Das Schultergelenk ist das Gelenk des menschlichen Körpers mit dem größten Bewegungsausmaß. Dies ist nur durch die starke Führung über Muskeln, Sehnen und Bänder möglich. Aus dieser komplexen muskuloligamentären Führung resultieren auch die häufigsten Verletzungen des Schultergelenks.

Hierzu zählen die Verletzungen der Rotatorenmanschette. Besonders gefährdete anatomische Strukturen sind die Sehnen der Mm. supraspinatus, infraspinatus und subscapularis, das labrum glenoidale und die lange Bizepssehne (LBS) (3).

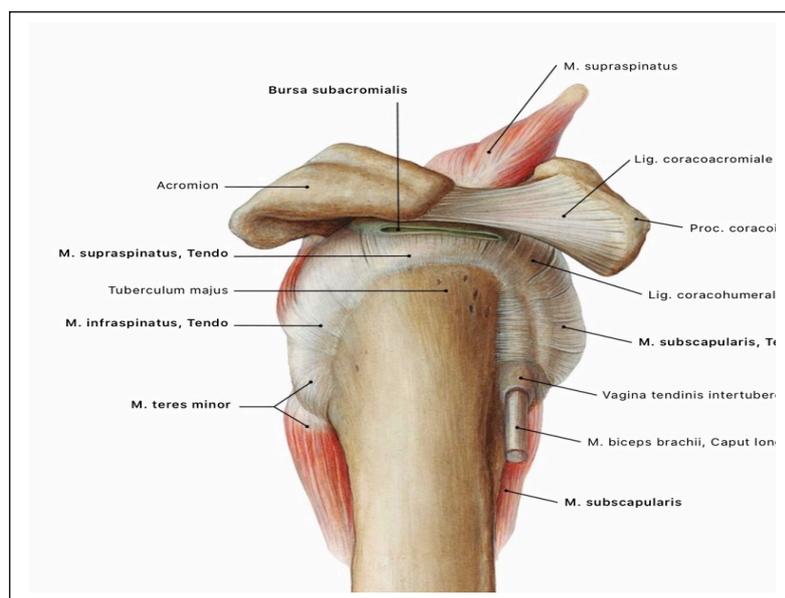


Abbildung 1: aus Sobotta, Anatomie des Menschen: Rechtes Schultergelenk von lateral

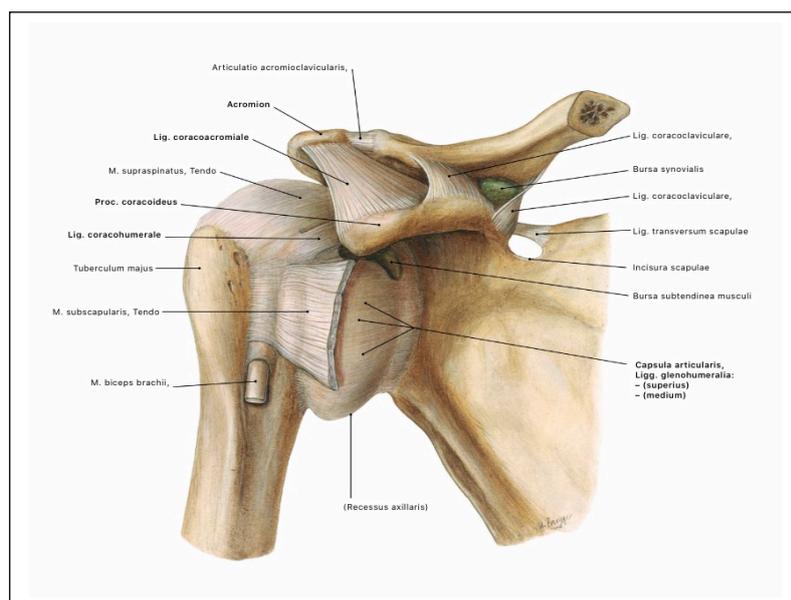


Abbildung 2: aus Sobotta, Anatomie des Menschen: Rechtes Schultergelenk von ventral

1.1.2 Ätiologie und Epidemiologie

Schalterschmerzen können multifaktorielle Ursachen haben. Häufige Ursachen sind Rotatorenmanschettenläsionen. Die Prävalenz ist mit zunehmendem Alter steigend, von 12% bei 40-49-Jährigen, auf 50% bei 60-69-Jährigen. Die Geschlechterverteilung ist männlich: weiblich 70:30% (4). Bizepssehnenassoziierte Schmerzen (Tendinitis, Pulley-Läsionen, SLAP-Läsionen) sind häufig mit Läsionen der Rotatorenmanschette vergesellschaftet (2). Labrumläsionen entstehen in über 90% der Fälle durch Traumata, z.B. durch Luxationen des Schultergelenks. Am häufigsten betroffen sind Männern im Alter zwischen 20 und 40 Jahren. Das Risiko einer Rotatorenmanschettenläsion im Rahmen einer Luxation steigt mit dem Lebensalter (5).

1.1.3 Klinische Symptomatik

Die klinische Symptomatik hängt von der Lokalisation der Verletzung ab. Rotatorenmanschettenläsionen verursachen häufig Beschwerden, die einem Impingement-Syndrom ähneln, mit charakteristischen Schmerzen bei Abduktion. Zusätzlich bestehen oft Nachtschmerzen, Belastungsschmerzen sowie Schmerzen am lateralen Oberarm (6).

Bizepssehnenläsionen gehen oft einher mit Schmerzen über dem sulcus bicipitalis, Läsionen des superioren Labrum glenoidale mit anterior/posteriorem Verlauf (SLAP-Läsion), am ehesten mit tiefen, schwer lokalisierbaren Schulterschmerzen. Labrum-Läsionen nach Schulterluxationen verursachen nicht zwangsläufig Schmerzen. Die daraus resultierende chronische Instabilität führt jedoch häufig zur Vorstellung beim Orthopäden.

1.1.4 Therapie

Die Therapie richtet sich nach der Lokalisation der Verletzung und ist abhängig von deren Ausmaß. Grundsätzlich stehen einerseits die konservative Therapie mit Analgesie (z.B. nichtsteroidale Antirheumatika (NSAID), Pyrazolone, Opioide, etc.), Physiotherapie, Infiltrationen (Lokalanästhetikum ggf. mit einem Corticosteroid), peritendinöse Infiltrationen, Kälte- oder Wärmeanwendungen, Haltungsschulung, Muskelaufbau, Kinesiotaping usw. oder andererseits die operative Therapie zur Verfügung. In Langzeituntersuchungen konnte gezeigt werden, dass die konservative Behandlung von Rotatorenmanschettenläsionen keine dauerhaft positiven Resultate hervorbringt (7).

Im Gegensatz hierzu zeigte sich in einer aktuellen Metaanalyse von Schmucker et. al. die operative Therapie der kompletten Rotatorenmanschettenläsion der konservativen überlegen (8).

Die operative Therapie wird heutzutage meist arthroskopisch durchgeführt. Die sogenannte „Schlüsselloch-Technik“ wird mit minimalinvasiven, kleineren Schnitten durchgeführt und bietet eine gute anatomische Übersicht. Hierbei werden resorbierbare oder nicht resorbierbar Knochenanker zur Sehnen- oder Labrumrefixierung verwendet. Ein signifikanter Vorteil der arthroskopischen Operation gegenüber der offenen Technik konnte jedoch immer noch nicht nachgewiesen werden (9) (10).

Eine Sonderstellung nimmt hier die lange Bizepssehne ein. Hier stehen sowohl die Tenotomie, als auch die Tenodese (arthroskopisch oder offen) zur Wahl. Bei älteren Patienten oder Patienten mit reduziertem körperlichem Anspruch, ist die Tenotomie als Therapie der Wahl in Betracht zu ziehen. Bei Jungen Patienten mit hohem körperlichem oder sportlichem Anspruch wird meist die Tenodese der langen Bizepssehne bevorzugt (11).

1.2 Untersuchungsmethoden bei Schulterbeschwerden

1.2.1 Anamnese und Untersuchung

Bei der Untersuchung steht die exakte Anamneseerhebung an erster Stelle. Hieraus können bereits erste Rückschlüsse über den Verletzungsmechanismus gezogen werden. Relevant sind in diesem Kontext der Symptombeginn (plötzlich, schleichend oder im Rahmen eines Traumas), die Symptombdauer und der Zeitpunkt der Beschwerden (in Ruhe, bei Belastung, vor oder nach Belastung).

Im Anschluss daran erfolgt die Inspektion. Hier werden die äußerlichen Aspekte wie Schultertiefstand, Muskelatrophien, Gelenkschwellungen sowie atypische Konfigurationen wie z.B. scapula alata oder clavicula-Hochstand evaluiert (12).

In der Palpation werden charakteristische Schmerzpunkte untersucht. Hierbei sind neben den typischen Lokalisationen natürlich auch atypische und Mischformen möglich:

- Supraspinatussehne (> 90%) ➔ lateraler Oberarm
- Lange Bizepssehne (ca. 30%) ➔ Sulcus bicipitalis
- Acromioclavikulargelenk (ca. 25%)
- Subscapularissehne (selten) ➔ Coracoid (6)

Das aktive und passive Bewegungsausmaß wird im sogenannten Codman-Handgriff untersucht, um ausschließlich die Bewegung aus dem Glenohumeralgelenk zu erfassen. Des Weiteren sollte der neurologische Status, also Schmerzausstrahlung, Motorik und Sensibilität bestimmt werden. Zur Abgrenzung einer cervikobrachialgie ist zusätzlich eventuell eine Untersuchung der Halswirbelsäule erforderlich.

Für die Funktionsprüfung wurden zahlreiche, spezifische Tests zur Untersuchung entwickelt. Hier sollen nur einige beispielhaft erwähnt werden:

- Supraspinatussehne: Jobe-Test, Aussenrotations-Widerstands-Test
- Subscapularissehne: Lift-off-Test, Innenrotations-Lag-Zeichen
- Infrapinatussehne: Aussenrotations-Lag-Zeichen

- Rotatorenmanschettenmassenruptur: Drop-Arm-Sign
- Acromioclavikulargelenk: Cross-Body-Test, Hyperadduktions-Zeichen
- SLAP: O'Brien-Test
- Impingement: Painful-Arc, Neer-/Kennedy-/Hawkins-Zeichen
- Laxität, Instabilität: Schublidentest, Sulkuszeichen, Apprehension-Test (12).

Durch diese klinischen Tests kann die Lokalisation einer Läsion bereits häufig eingegrenzt werden.

1.2.2 Bildgebende Diagnostik

Neben der klinischen Untersuchung spielen die bildgebenden Verfahren eine erhebliche Rolle in der Beurteilung von Schultergelenkbeschwerden:

Primäre Diagnostik (sofort verfügbar):

1.2.2.1 Nativröntgen

Die native Röntgenuntersuchung, in Form der Projektionsradiographie, stellt nach wie vor das wichtigste bildgebende Verfahren dar. Ihre Stärken liegen in der breiten Verfügbarkeit, im standardisierten, gut reproduzierbaren Untersuchungsablauf und der guten Dokumentationsmöglichkeit (13).

Die Abbildung in zwei Ebenen stellt die Minimalanforderung dar. Zusätzlich gibt es eine Vielzahl an zusätzlichen speziellen Einstelltechniken für das Schultergelenk (True a.-p., outlet View, Axialaufnahme, Schwedenstatus u.v.m.). Röntgenbilder stellen die knöcherne Anatomie und damit eventuell verbundene Pathologien, wie z.B. einen verminderten acromiohumeralen Abstand hervorragend dar. Eine weitere Stärke ist der Nachweis von möglichen Kalkablagerungen entlang der Sehnen im Rahmen einer Tendinosis calcarea (14). Die direkte Darstellung der muskuloligamentären Strukturen ist jedoch nicht möglich. Eine weitere Limitation ist die Überlagerung bei komplexen anatomischen Strukturen und Gelenkfehlstellungen. Die Radiographie des Schultergelenks ist mit einer, wenn

auch im Vergleich zu anderen Untersuchungen geringen, Strahlenexposition verbunden.



Abbildung 3: aus <http://www.idr.med.uni-erlangen.de/orthorad/storage/RTA%20Bilder/Main-o3b.jpg>: nativradiologische true a.p. Aufnahme der linken Schulter



Abbildung 4: aus <http://www.idr.med.uni-erlangen.de/orthorad/storage/RTA%20Bilder/Main-o3b.jpg>: nativradiologische Outlet View Aufnahme der linken Schulter

1.2.2.2 Sonographie

Im Gegensatz zur Radiographie ist die Sonographie frei von Strahlenexposition und in der Lage muskuloligamentäre Strukturen und deren Verletzungen direkt zu visualisieren. Zusätzlich besteht die Nachweismöglichkeit von Reiz- und

Entzündungsreaktionen anhand der damit verbundenen pathologischen Flüssigkeitsansammlungen. Die mit entzündlichen Prozessen verbundene Hyperämie kann zusätzlich durch die Powerdopplersonographie erfasst werden. Mit Hilfe der Sonographie können z.B. eine Bursitis subacromialis oder ein Gelenkerguss, sowohl des Glenohumeral- als auch des Acromioclavikulargelenks diagnostiziert werden. An der langen Bizepssehne können Rupturen sowie eine Tendinitis beurteilt werden. Labrum- oder SLAP-Läsionen hingegen sind im Ultraschall schwieriger zu erkennen (15). Ein Nachteil der Sonographie ist die starke Untersucherabhängigkeit der Aussagekraft der erhobenen Befunde sowie die im Vergleich mit anderen bildgebenden Verfahren eingeschränkte Reproduzierbarkeit und Dokumentation.

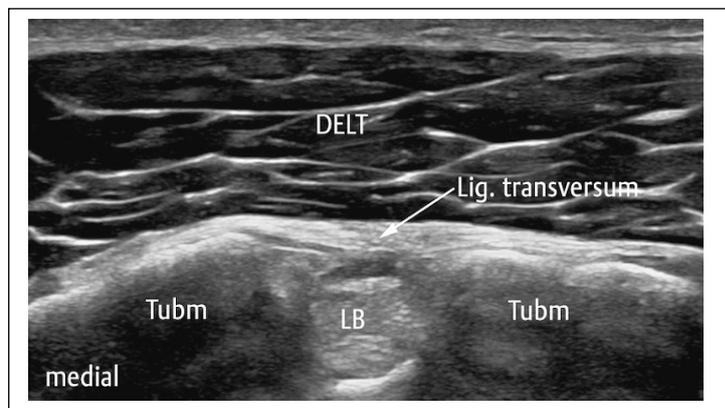


Abbildung 5: aus Orthopädie und Unfallchirurgie up2date Sonographisches Bild: Transversalschnitt auf Höhe des kranialen Sulcus bicipitalis

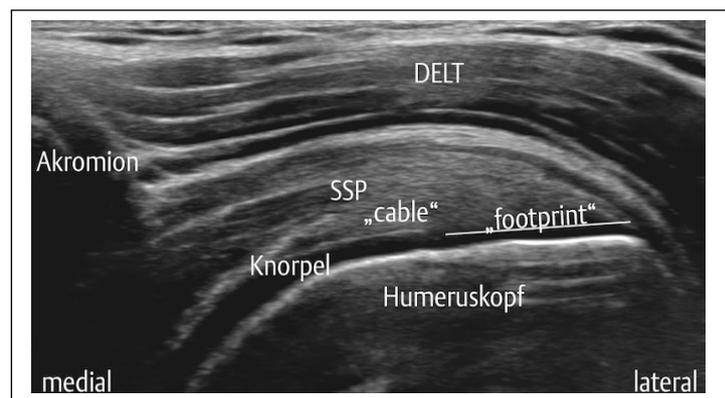


Abbildung 6: aus Orthopädie und Unfallchirurgie up2date Sonographisches Bild: Frontal-longitudinaler Schnitt vom Akromion zum Tuberculum Majus, sog. Rabenschnabel

Weiterführende Diagnostik (eventuell nicht sofort verfügbar):

1.2.2.3 MRT

Die MRT hat die höchste Sensitivität und Spezifität zur Beurteilung der Rotatorenmanschettenläsionen (16). Durch sie lassen sich sämtliche Weichteilstrukturen kontrastreich und überlagerungsfrei darstellen. Zusätzlich ist die Größenausdehnung struktureller Schäden, z. B. einer Rotatorenmanschettenruptur, messbar. Auch Teilrupturen können gut beurteilt werden. Je nach Wunsch bzw. Anforderung von Radiologe und Orthopäde/Unfallchirurg können verschiedene Gewichtungen (T1, T2, Protonendichte) sowie Fettsättigung durch inversion recovery oder spektrale Fettunterdrückung gefahren werden. Für eine Standard-MRT-Untersuchung des Schultergelenks wird kein Kontrastmittel benötigt. Dies ist in der Regel besonderen Fragestellungen wie z. B. entzündlichen oder neoplastischen Prozessen vorbehalten.

Neben der guten Weichteildarstellung ist das Fehlen ionisierender Strahlung der MRT ein großer Vorteil. Nachteile sind in der langen Untersuchungsdauer von ca. 15 bis 25 Minuten und in der deshalb erforderlichen, höheren Patientencompliance zu sehen.

1.2.2.4 CT

Die Computertomographie (CT) wird an der Schulter vornehmlich zur weiterführenden Diagnostik der knöchernen Strukturen, wie z.B. bei komplexen Frakturen oder knöchernen Bankart-Verletzungen, verwendet. Sie stellt kein Routineverfahren in der Evaluation von Schultergelenksbeschwerden dar, da sie zur Weichteildiagnostik nur eine untergeordnete Rolle spielt (17).

1.3 Klassifikationen

Es wurden bisher zahlreiche Klassifikationen zur Einteilung der unterschiedlichen Pathologien des Schultergelenks entwickelt und im klinischen Alltag etabliert. Die einzelnen Klassifikationssysteme betrachten die Befunde dabei teilweise aus verschiedenen Blickwinkeln. So wird bei den Supraspinatussehnenläsionen anhand der Defektgröße unterschieden (Klassifikation nach Bateman (18)), oder nach der Rupturtiefe (Klassifikation nach Snyder (19)). Weitere Klassifikationsaspekte sind die Lokalisation der Ruptur (Klassifikation nach Habermeyer (20)) sowie die Form des Risses (Klassifikation nach Ellman (21)).

1.3.1 Musculus subscapularis (SSC)

Die Klassifikation der Subscapularisrupturen erfolgte nach der Einteilung von Fox/Romeo (22). Hier werden 4 Schweregrade unterschieden, je nach cranio-caudaler Ausdehnung der Ruptur:

I: Oberflächliche Partialruptur

II: Ruptur der cranialen 25% des cranio-caudalen Sehrendurchmessers

III: Ruptur der cranialen 25-50% des cranio-caudalen Sehrendurchmessers

IV: Komplette Ruptur des cranio-caudalen Sehrendurchmessers

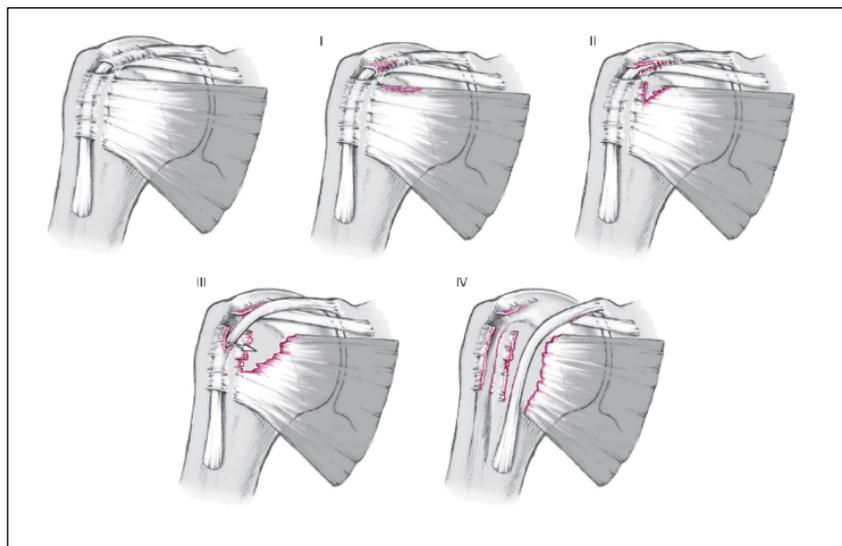


Abbildung 7: aus Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 5. Auflage, Elsevier 2017:
Schematische Darstellung von Rupturen der Subscapularis-Sehnen, Einteilung nach Fox/Romeo

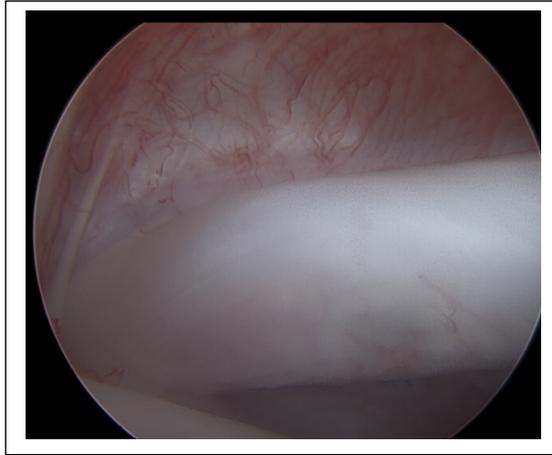


Abbildung 8: Arthroskopischer Normalbefund Subscapularissehne

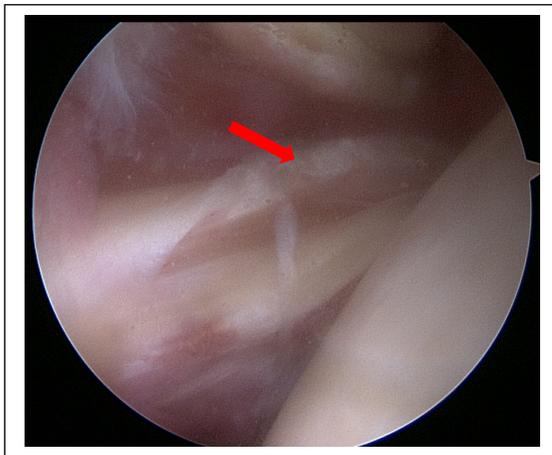


Abbildung 9: Arthroskopischer Befund Subscapularisläsion Fox/Romeo I

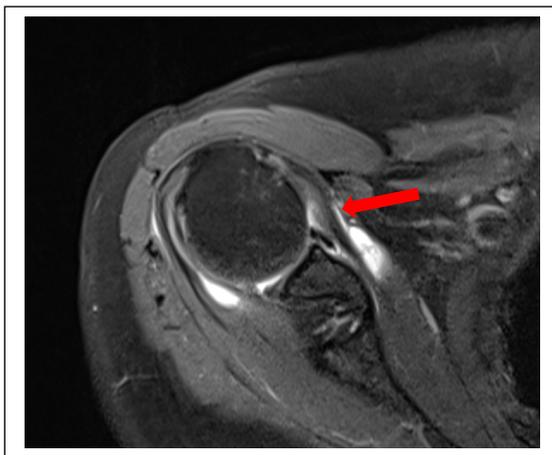


Abbildung 10: MRT Normalbefund Subscapularissehne

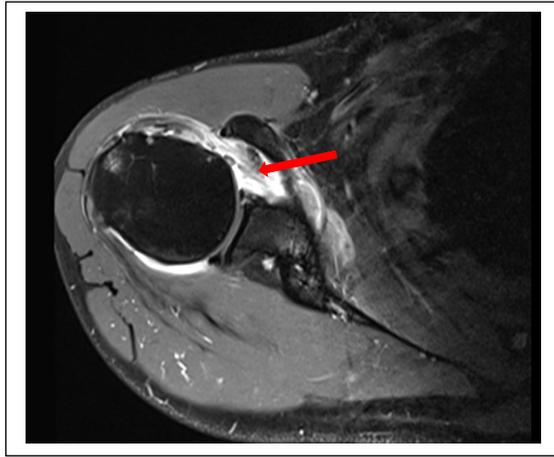


Abbildung 11: MRT Subscapularisläsion Fox/Romeo III

1.3.2 Musculus Supraspinatus (SSP)

Klassifikation der Supraspinatussehnenrupturen nach Snyder (19).

Sie unterteilt die Rupturen anhand der anatomischen Lage in:

Klasse A: artikularseitige Partialrupturen

Klasse B: bursaseitige Partialrupturen

Klasse C: komplette Rupturen

Zusätzlich erfolgt eine Unterteilung anhand der Rupturgröße:

Grad 0: intakte Sehne, oberflächliche Affektionen

Grad I: Rupturgröße < 1cm

Grad II: Rupturgröße 1cm, Partialruptur

Grad III: Rupturgröße < 3cm,

Grad IV: Rupturgröße > 3cm, ausgedehnte Partialruptur

Klassifikation der Partialrupturen von Ellman (21):

Sie richtet sich nach Tiefe der Teilruptur:

Grad I: < 3 mm oder weniger als 25% des Sehnendurchmessers

Grad II: 3-6 mm oder weniger als 50% des Sehnendurchmessers

Grad III: > 6 mm oder mehr als 50% des Sehnendurchmessers

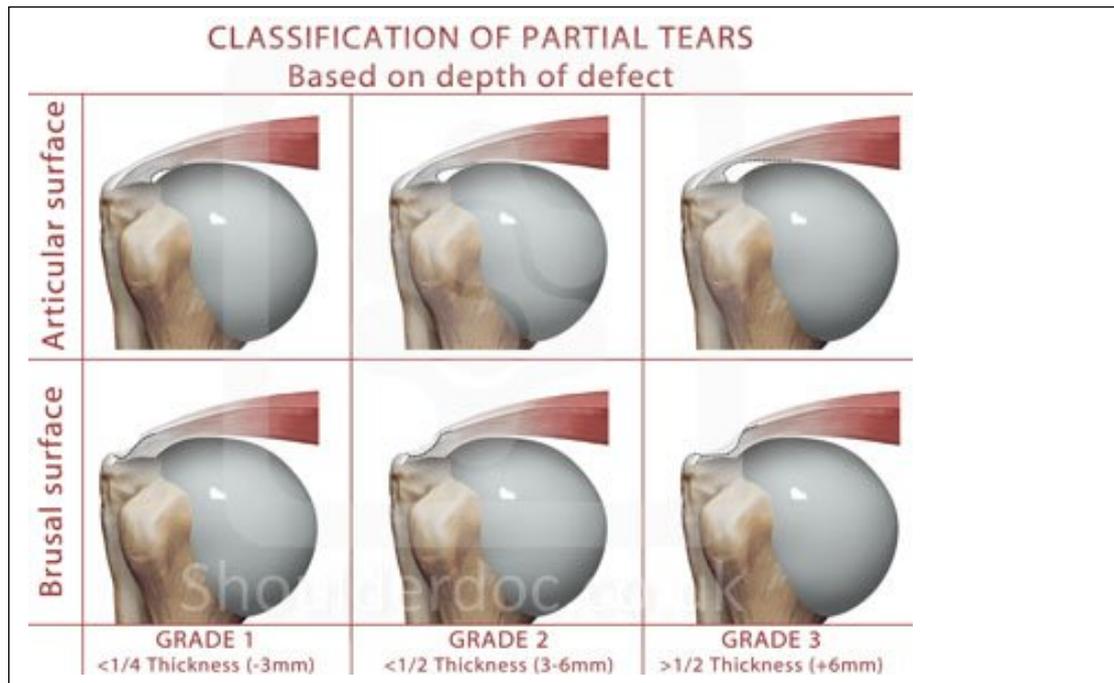


Abbildung 12: aus

<https://www.shoulderdoc.co.uk/images/uploaded/classification%20of%20partial%20tears%20web.jpg>: Schematische Darstellung der Einteilung von Teilrupturen nach Ellman

Zusätzlich unterteilt Ellman die Rupturen anhand der Rissform:

1. Transversale Ruptur: Ruptur am Footprint
2. Crescent cable: Deformierte Transversalruptur durch Subscapularis- und Infraspinatuszug
3. L-förmige Ruptur: Transversalruptur mit longitudinaler Ausbreitung in das Intervall
4. Reverse L-förmige Ruptur: Transversalruptur mit longitudinaler Ausbreitung in das entgegengesetzte Intervall
5. Trapezoidale Ruptur: L-förmige und reverse L-förmige Ruptur
6. Rotatorenmanschetten-Massenruptur: Ausbreitung in M. Teres minor oder den anterioren Bereich des M. Subscapularis

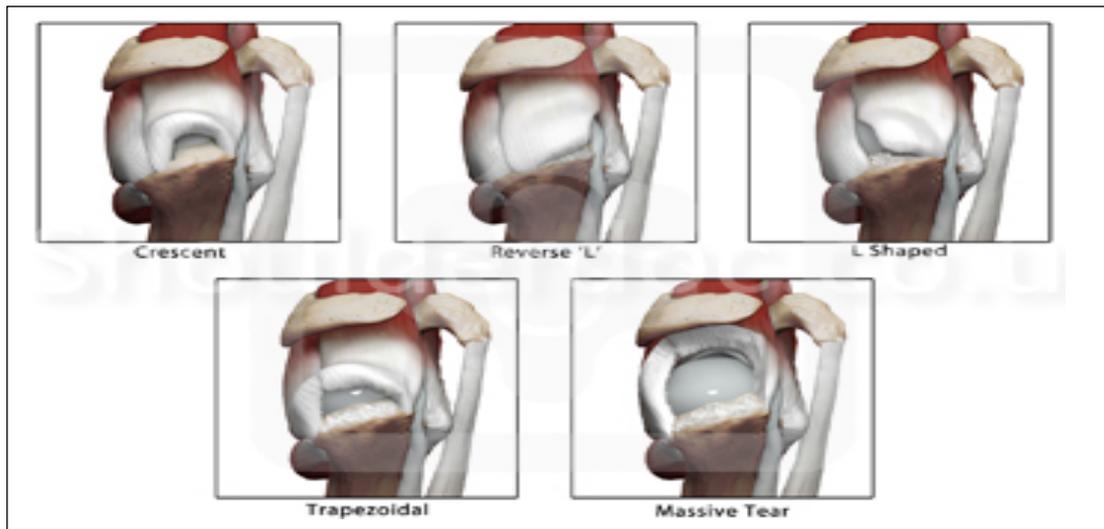


Abbildung 13: aus

<https://www.shoulderdoc.uk/images/uploaded/full%20thickness%20rotator%20cuff%20tear%20ellman%20and%20gartsman%20classification%20web.jpg>: Schematische Darstellung der verschiedenen Rissformen der Rotatorenmanschettenläsionen

Bateman (18) unterscheidet die kompletten Rupturen anhand der Größe in:

- Grad I: <1 cm
- Grad II: zwischen 1 cm und 3 cm
- Grad III: 3 cm bis 5 cm
- Grad IV: Komplette Ruptur > 5 cm

Die Klassifikation nach Patte (23) unterteilt nach Größe der Ruptur:

- Gruppe I: Inkomplette oder komplette Ruptur in der Sehnendicke < 1cm
- Gruppe II: Komplette Ruptur über die gesamte Dicke der Supraspinatussehne
- Gruppe III: Komplette Ruptur mit Beteiligung von mehr als einer Sehne
- Gruppe IV: Vollständige Ruptur der Rotatorenmanschette mit Osteoarthrose

Topographie der Ruptur in der Sagittalebene:

- Segment 1 Subscapularissehne
- Segment 2 Coracohumerales Ligament
- Segment 3 Supraspinatussehne
- Segment 4 Supraspinatus- und obere Hälfte der Infrapinatussehne
- Segment 5 Supraspinatus- und komplette Infrapinatussehne
- Segment 6 Subscapularis-, Supraspinatus- und Infrapinatussehne

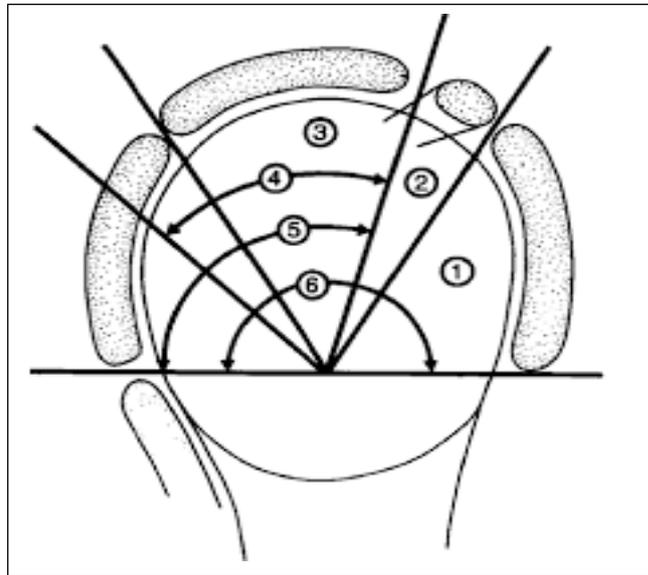


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Einteilung der Rupturlokalisierung in der Sagittalebene Segment 1 bis 6

Dies ermöglicht die Einteilung in

Anterior-superiore Rupturen: Segment 1, 2, 3

Superiore Rupturen: Segment 2, 3

Posterior-superiore Rupturen: Segment 4,5

Rotatorenmanschettenmassenruptur: Segment 6

Die Sehnenretraktion, die im weiteren Verlauf häufig ersichtlich wird, wird in der Coronarebene beurteilt:

Grad I: Retraktionsausmaß zwischen Footprint und Humeruskopfzenit

Grad II: Retraktionsausmaß zwischen Humeruskopfzenit und Glenoid

Grad III: Retraktionsausmaß jenseits des Glenoids

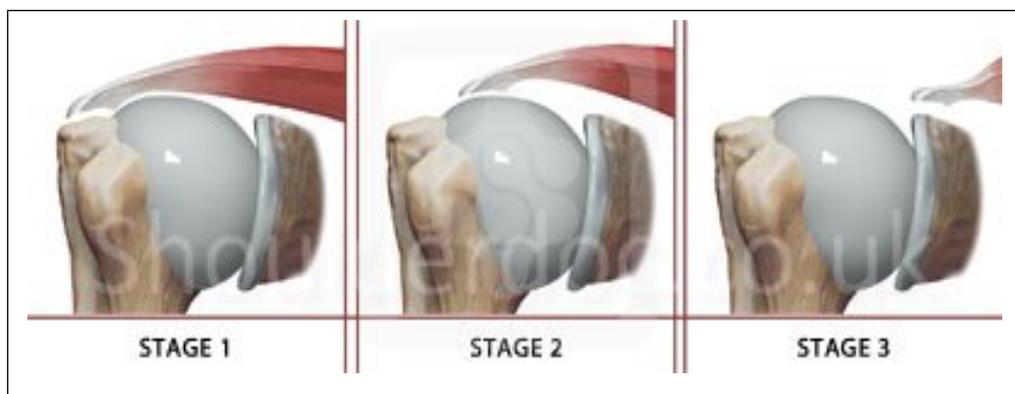


Abbildung 15: aus <https://www.shoulderdoc.uk/images/uploaded/cuff%20tear%20retraction%20we.jpg>: Schematische Darstellung der Einteilung des Retraktionsausmaßes nach Patte



Abbildung 16: Arthroskopisches Bild Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte I

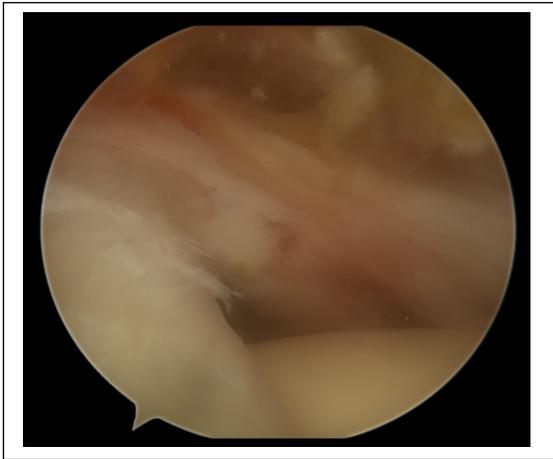


Abbildung 17: Arthroskopisches Bild Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte II

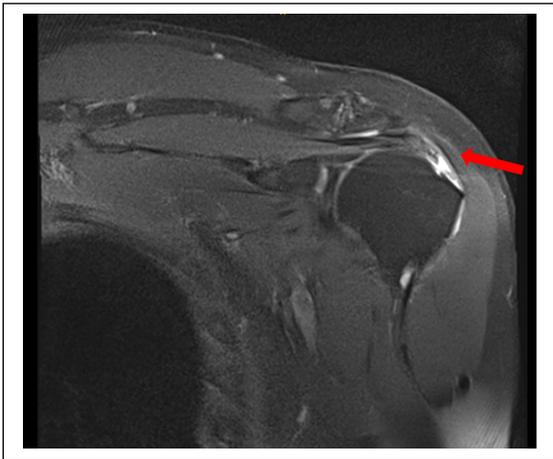


Abbildung 18: MRT Bild Transmurale Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte I

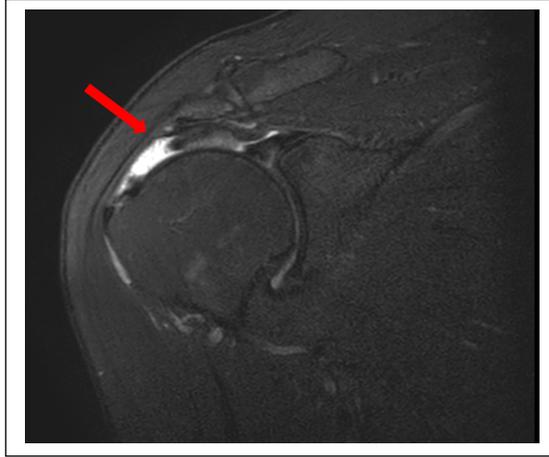


Abbildung 19: MRT Bild Transmurale Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte II

Goutallier (24) (25) unterteilt die oben genannte Klassifikation anhand der fettigen Degeneration des Supraspinatusmuskels im CT in 4 weitere Untergruppen:

- Grad I: nur wenig Verfettung
- Grad II: weniger muskuläre Verfettung als Muskelmasse
- Grad III: fettige Degeneration und Muskelmasse sind identisch
- Grad IV: vermehrte fettige Degeneration im Vergleich zur Muskelmasse

Habermeyer (26) unterscheidet drei verschiedene Sektoren:

- Zone (Sektor) A: ventraler Abschnitt mit Subscapularissehne, Rotatorenintervall und langer Bizepssehne
- Zone (Sektor) B: superiorer Abschnitt im Bereich der Supraspinatussehne
- Zone (Sektor) C: dorsale Läsionen im Bereich der Mm. Infraspinatus und Teres minor

Die Verlängerungslinie der Spina scapula trennt Zone B von Zone C.

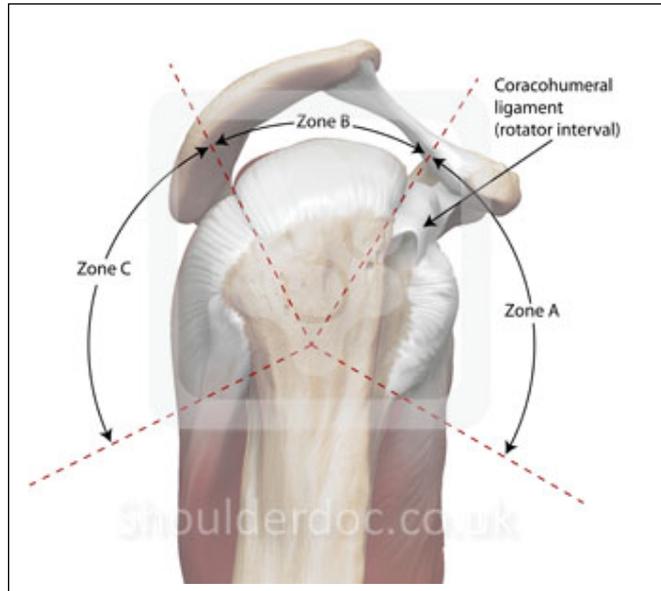


Abbildung 20: aus <https://shoulderdoc.co.uk/images/uploaded/topographic%20classification%20of%20rotator%20cuff%20tears%20sagittal%20plane%20habermeyer%20.web.jpg> Schematische Darstellung der Zoneneinteilung nach Habermeyer

Thomazeau (27) (28) unterteilt die muskuläre Supraspinatusatrophie (Inaktivitätsatrophie) im MRT in 3 Grade:

- Grad I: normaler oder gering atrophiertes Muskel. Das Verhältnis zwischen Muskel und Fossa supraspinata liegt zwischen 1,00 und 0,60
- Grad II: mäßige Atrophie. Das Verhältnis von Muskel zu Fossa supraspinata liegt zwischen 0,60 und 0,40
- Grad III: schwere Atrophie. Das Verhältnis von Muskel zu Fossa supraspinata liegt unter 0,40

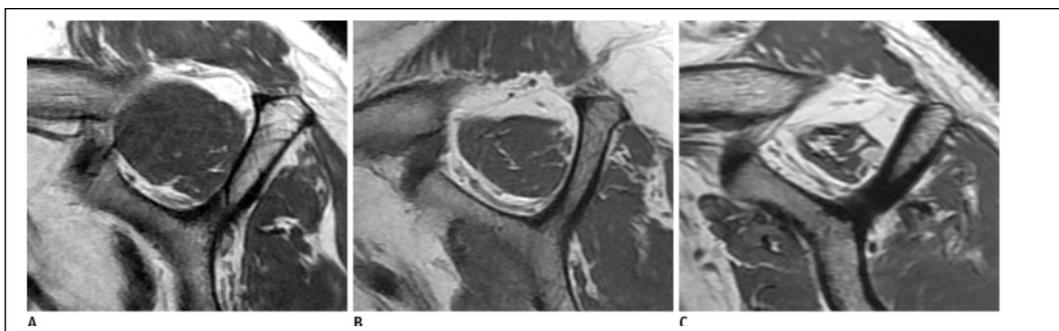


Abbildung 21: aus https://www.researchgate.net/figure/Grading-of-supraspinatus-muscle-atrophy-A-Grade-1-minimal-to-mild-atrophy-of_fig2_264163953: MRT Bild der verschiedenen Stadien der Supraspinatusatrophie nach Thomazeau

1.3.3 Musculus Infraspinatus (ISP)

Auf Grund der geringen Inzidenz der Infraspinatussehnenrupturen haben sich im klinischen Alltag keine zusätzlichen, gängigen Klassifikationen für die Infraspinatussehne etabliert.

1.3.4 Labrum Glenoidale

Die Ursachen für eine Verletzung des Labrum Glenoidale sind vielfältig. Die häufigsten stellen die Schulterluxation (traumatisch oder habituell) sowie die SLAP Läsion dar (Einteilung siehe 1.3.5). Im klinischen Alltag ist vor allem die Instabilität - mit einer Einschätzung des Rezidivrisikos einer Luxation - therapierelevant.

Verschiedene Klassifikationen wurden entwickelt, es konnte sich jedoch keine durchsetzen.

Gerber (29) beschreibt eine Klassifikation anhand der klinischen Instabilitätsrichtung sowie der Laxität:

- Grad I: Chronisch verhakte Luxation
- Grad II: Unidirektionale Instabilität ohne Hyperlaxität
- Grad III: Unidirektionale Instabilität mit multidirektionaler Hyperlaxität
- Grad IV: Multidirektionale Instabilität ohne Hyperlaxität
- Grad V: Multidirektionale Instabilität mit multidirektionaler Hyperlaxität
- Grad VI: Willkürliche Instabilität

Bayley (30) brachte als zusätzlichen, ätiopathologischen Faktor die muskuläre Dysbalance in die Klassifikation mit ein, um eine Entscheidungshilfe zur Therapie zu geben (31).

Polar Group I: *traumatisch strukturell*

- signifikantes Trauma
- oft Bankart-Läsion
- gewöhnlich unilateral
- keine muskuläre Dysbalance

Polar Group II: *atraumatisch strukturell*

- kein Trauma
- struktureller Schaden des Gelenks
- kapsuläre Dysfunktion
- keine muskuläre Dysbalance
- nicht selten bilateral

Polar Group III: *habituell-nichtstrukturell*

- kein Trauma
- keine strukturellen Schäden des Gelenks
- kapsuläre Dysfunktion
- muskuläre Dysfunktion

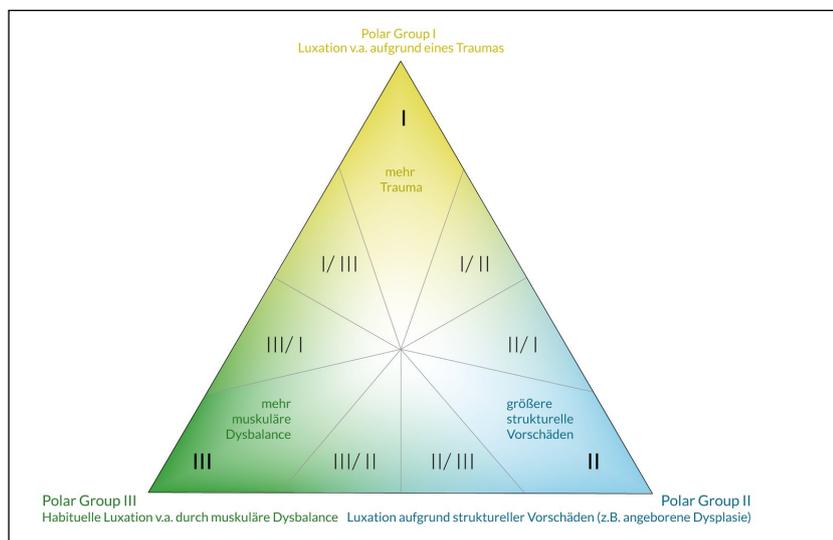


Abbildung 22: aus https://media-de.amboss.com/media/thumbs/big_5aaa928cadd6.jpg: Schema der Einteilung in die verschiedenen Gruppen nach Bayley

Klassifikation der Läsionen am vorderen Glenoidrand:

- Klassische Bankart-Läsion: Kontinuitätsunterbrechung zwischen Knorpel und Labrum ohne Ablösung des periostalen Bandansatzes
- Knöcherner Bankart-Defekt: knöcherner Abscherfraktur des vorderen/unteren Glenoidrands mit Desinsertion von Labrum und inferiorem glenohumeralem Ligament (IGHL)
- Klassische Perthes-Läsion: frischer, kompletter gemeinsamer Abriss des Labrum glenoidale zusammen mit dem IGHL vom Limbusrand

- d) ALPSA-Läsion („anterior labrum periosteal sleeve avulsion“): chronische Form der frischen Perthes-Läsion; das Labrum und das IGHL sind vom vorderen Skapulahals deperiostiert und bilden einen Narbenwulst am Boden der Periostrtasche
- e) GLAD-Läsion („glenolabral articular disruption“): Knorpeldefekt in der Übergangszone zum Labrum ohne wesentliche Ablösung des Labrum glenoidale. Diese Verletzungsform erfolgt häufig durch ein direktes Trauma und verursacht chronische Schmerzen, jedoch keine wesentliche Instabilität.
- f) HAGL-Läsion („humeral avulsion of glenohumeral ligaments“): mittleres glenohumerales Ligament (MGHL) und/oder IGHL sind an ihrem humeralen Ansatz eingerissen

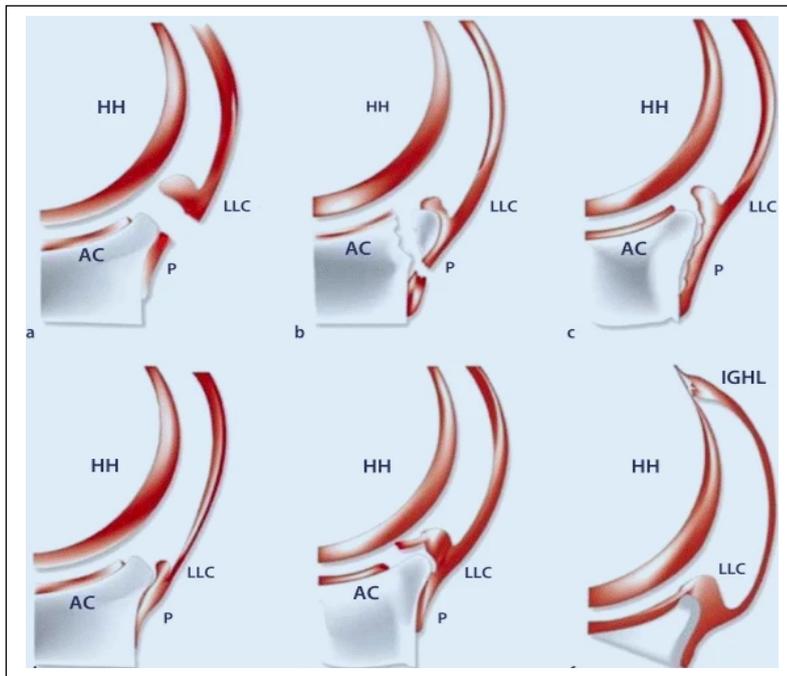


Abbildung 23: aus <https://link.springer.com/article/10.1007/s00132-017-3454-y/figures/2>; Klassifikation der Läsionen am vorderen Glenoidrand



Abbildung 24: Arthroskopischer Normalbefund Labrum Glenoidale

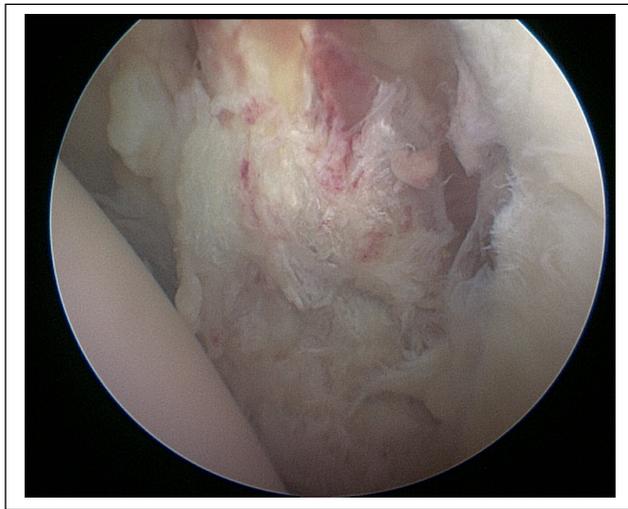


Abbildung 25: Arthroskopischer Befund Bankart-Läsion

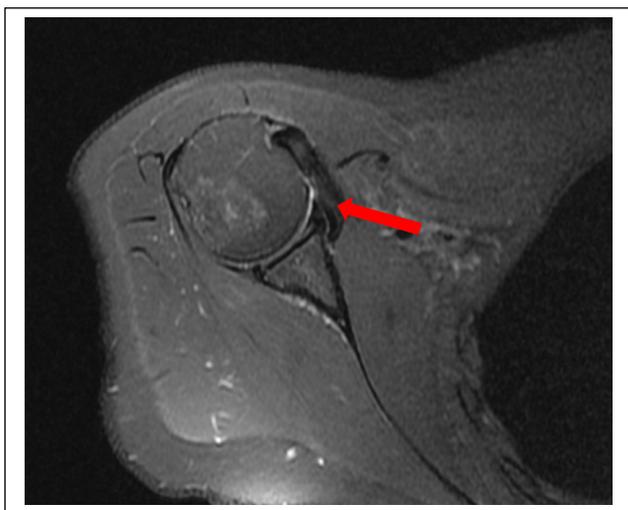


Abbildung 26: MRT Normalbefund Labrum Glenoidale

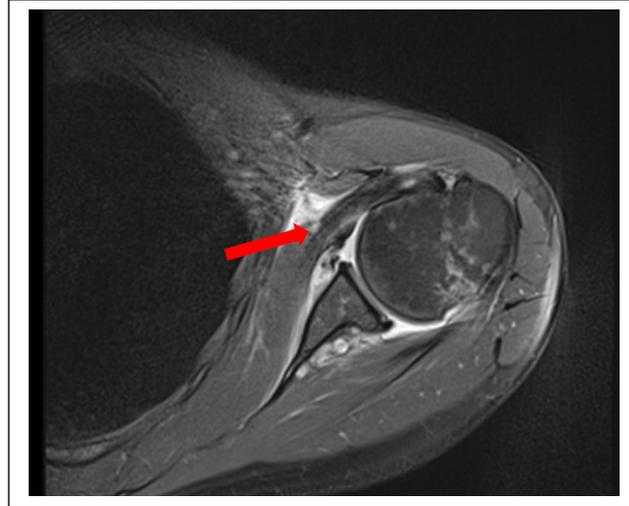


Abbildung 27: MRT Befund klassische Bankart-Läsion

1.3.5 Lange Bizepssehne

Bizepssehnenläsionen sind Verletzungen, die sowohl traumatisch, als auch degenerativ beobachtet werden können. Die Klassifikation von Habermeyer (32) unterteilt diese in 4 Grade:

- Grad I: Isolierte Läsion des superioren glenohumeralen Ligaments (SGHL); führt zur Instabilität der LBS während der Innenrotation
- Grad II: Läsion von SGHL- und SSP
- Grad III: Läsion von SGHL und SSC; die LBS subluxiert nach medial und führt zu Einrissen der tiefen Sehnenanteile
- Grad IV: Läsion von SGHL, SSP und SSC

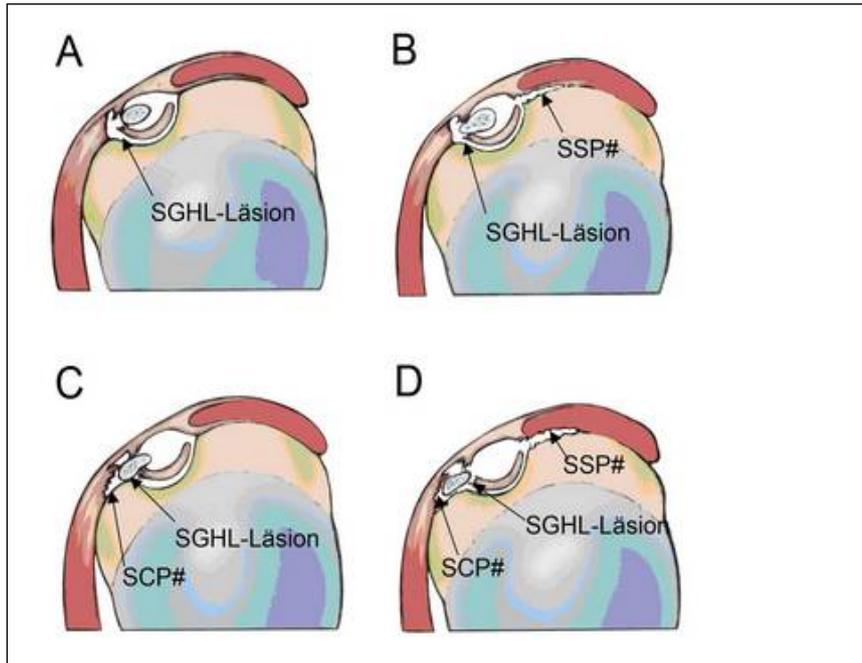


Abbildung 28: Schematische Darstellung der Bizepssehnenläsionen nach Habermeyer

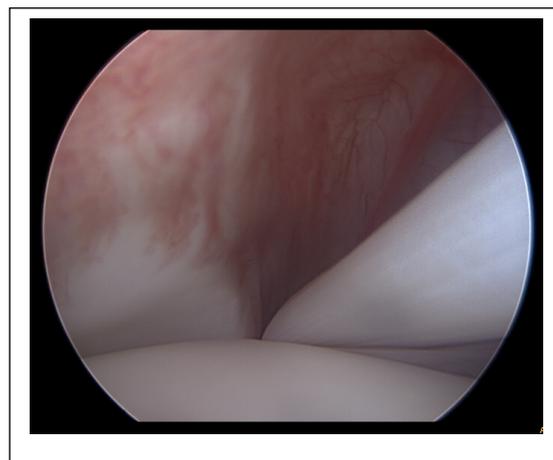


Abbildung 29: Arthroskopischer Normalbefund Pulley

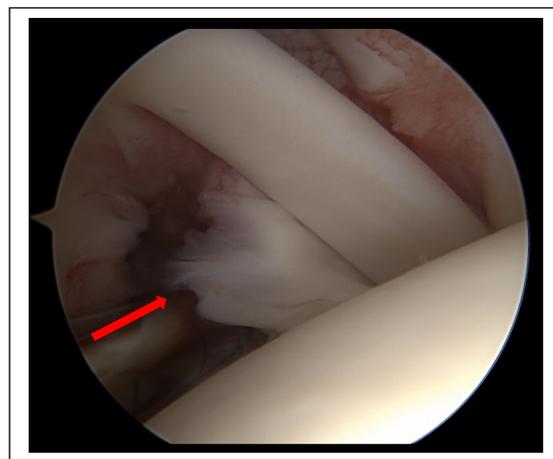


Abbildung 30: Arthroskopischer Befund Pulleyläsion

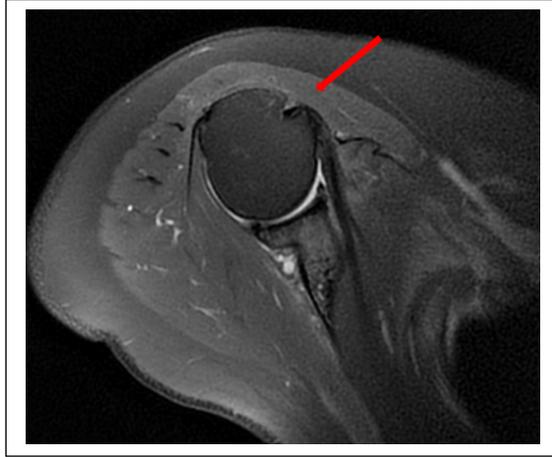


Abbildung 31: MRT Normalbefund Pulley

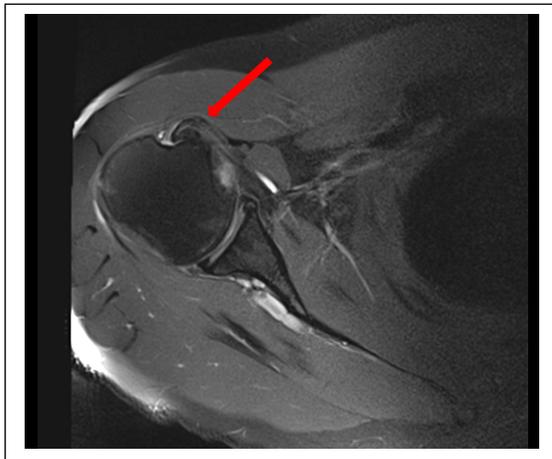


Abbildung 32: MRT Befund Pulleyläsion

2 Zielsetzung

Diese Studie hat zwei Zielsetzungen:

- Beurteilung der diagnostischen Genauigkeit einer präoperativen nativen MRT des Schultergelenks im Vergleich zu den intraoperativen Ergebnissen
- Erfassung der Unterschiede in der Beurteilung einer präoperativen nativen MRT des Schultergelenks zwischen Radiologe und Orthopäde/Unfallchirurg

3 Patienten und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Es handelt sich um eine retrospektive Studie. Das Patientenkollektiv umfasst ausschließlich Patienten, die im Zeitraum zwischen 2016 und 2017, sowohl ein standardisiertes, präoperatives, natives MRT des Schultergelenks, als auch eine darauffolgende, arthroskopische Operation in der orthopädischen Klinik Lindenlohe erhalten haben. Es wurden 69 Patienten in die Auswertung eingeschlossen.

Für die Studie liegt ein positives Votum der Ethikkommission der Universität Regensburg vom 31.07.2019 vor (19-145-101).

3.2 Erfassungsmethode

Es wurden ausschließlich Patienten eingeschlossen, die eine standardisierte, präoperative native MRT des Schultergelenks in der Orthopädischen Klinik Lindenlohe erhalten haben und in der Folge dort operiert wurden.

Alle MRT-Untersuchungen wurden vor dem Studienbeginn pseudonymisiert und mit den Nummern 1-69 versehen. Patientennamen, Geburtsdatum, das Geschlecht sowie das Untersuchungsdatum wurden gelöscht.

Zusatzinformationen, wie klinischer Befund oder Anamnese, standen den Beurteilenden nicht zur Verfügung. Es wurde ausschließlich Bildmaterial ausgewertet und beurteilt.

3.3 MRT Technik

Für alle Patienten wurde ein einheitliches, standardisiertes Untersuchungsprotokoll auf einem Siemens Esprit 1,5 Tesla MRT (Siemens Healthcare, Erlangen,

Deutschland) mit anatomischer Schulterspule verwendet. Folgende Wichtungen/Sequenzen wurden akquiriert:

- Coronal: fettgesättigte, protonengewichtete turbospin echo Sequenz (PD FS) TR 2700; TE43; Matrix 320 x 320; Untersuchungszeit 2:55; FOV 100 x 100mm, Schichtdicke 3mm
- Coronal: T1 gewichtete spin echo Sequenz (T1 SE) TR577; TE13; Matrix 320 x 320; Untersuchungszeit 3:05; FOV 100 x 100, Schichtdicke 3mm
- Axial: fettgesättigte, protonengewichtete turbospin echo Sequenz (PD FS) TR3640; TE50; Matrix 320 x 320; Untersuchungszeit 3:30; FOV 100 x 100, Schichtdicke 3mm
- Axial: T1 gewichtete spin echo Sequenz (T1 SE) TR435; TE13; Matrix 320 x 320; Untersuchungszeit 3:10; FOV 100 x 100, Schichtdicke 3mm
- Sagittal: fettgesättigte, protonengewichtete turbospin echo Sequenz (PD FS) TR3500; TE38; Matrix 320 x 320; Untersuchungszeit 3:20; FOV 100 x 100, Schichtdicke 3mm
- Sagittal: T2 gewichtete turbospin echo TR7280; TE106; Matrix 320 x 320; Untersuchungszeit 4:45; FOV 100 x 100, Schichtdicke 3mm

In der retrospektiven Analyse wurden alle MRT-Bilder über einen digitalen Arbeitsplatz (IMPACS EE, Agfa, Bonn, Deutschland) mit zwei hoch auflösenden Monitoren (Barco GmbH, Karlsruhe, Deutschland) beurteilt.

3.4 Operation

Die Operationen wurden von zwei erfahrenen Operateuren (MR und SW) durchgeführt. Beide Operateure verfügten zum Operationszeitpunkt über mehr als fünf Jahre Erfahrung in der Schulterarthroskopie. MR führte 46 (67%) und SW führte 23 (33%) der Eingriffe durch. Das Glenohumeralgelenk wurde untersucht, durch die Einführung einer 30° Winkeloptik in das dorsale Standardportal. Der Unterarm wurde in einem Trimano® Armhalter befestigt.

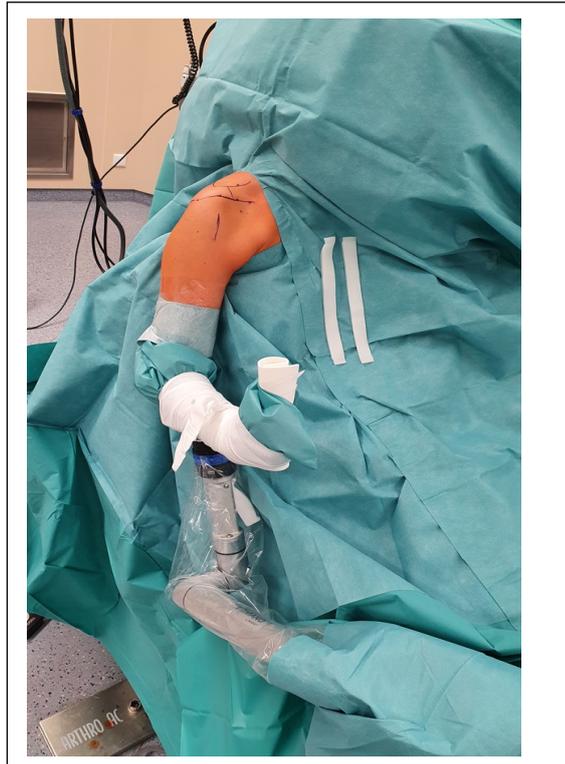


Abbildung 33: Lagerung des Patienten im OP

Die Schulter wurde in Innen- und Aussenrotation untersucht, um die lange Bizepssehne, das Pulley-System und die Rotatorenmanschette zu beurteilen. Insbesondere die Subscapularissehne, um keine nicht-dislozierten Rupturen zu übersehen.

Danach wurde der Subacromialraum inspiziert. Ein laterales Portal wurde unter Sicht geschaffen. Hierüber wurde mit dem Shaver die Bursektomie durchgeführt. Dann wurde das Arthroskop vom dorsalen, auf das laterale Portal gewechselt um die Rotatorenmanschette mit dem Tasthaken zu untersuchen.

In der Orthopädischen Klinik Lindenlohe werden jedes Jahr mehr als 200 Schulterarthroskopien durchgeführt.

3.5 Auswertung

3.5.1 Untersucher

Die MRT-Bilder wurden von einem Orthopäden/Unfallchirurgen (Untersucher 1) und einem Radiologen (Untersucher 2), im Abstand von 6 Wochen zweimal beurteilt (t1 und t2).

Untersucher 3 beurteilte die arthroskopischen Bilder, sowie die Berichte aus der Operation. Diese wurde als Positiv-Kontrolle definiert.

Untersucher 1: Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie mit mehr als 15 Jahren klinischer Erfahrung

Untersucher 2: Facharzt für Radiologie mit mehr als 16 Jahren klinischer Erfahrung, DRG-Qualifizierungsstufe II Muskuloskelettale Radiologie

Auswertung OP-Berichte und -Bilder (Positivkontrolle)

Untersucher 3: Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie mit mehr als 14 Jahren klinischer Erfahrung

3.5.2 Beurteilungskriterien

3.5.2.1 Musculus Subscapularis

Der M. subscapularis wurde untersucht nach dem Vorhandensein einer Ruptur (1= Ruptur vorhanden, 0= keine Ruptur vorhanden).

Zusätzlich wurde die Klassifizierung in Grad 1-4 nach Fox/Romeo verwendet (siehe 1.3.1)

3.5.2.2 Musculus Supraspinatus und Infraspinatus

Die Supra- und Infraspinatussehne wurde beurteilt nach dem Vorhandensein einer Ruptur (1= Ruptur vorhanden, 0= keine Ruptur vorhanden).

Des Weiteren erfolgte eine Einteilung nach Snyder anhand der Lokalisation und Größenausdehnung, sowie der Retraktion nach Patte (siehe 1.3.2).

3.5.2.3 Labrum Glenoidale

Das Labrum Glenoidale wurde hinsichtlich einer knöchernen- oder weichteiligen Bankartläsion (siehe 1.3.4), sowie der anatomischen Normvariante Foramen sublabrale beurteilt (1= Läsion/Normvariante vorhanden, 0= keine Läsion/Normvariante vorhanden).

3.5.2.4 Lange Bizepssehne

An der langen Bizepssehne wurde das Vorhandensein einer SLAP- und Pulleyläsion überprüft. Eventuelle Pulleyläsionen wurden gemäß der Einteilung nach Habermeyer klassifiziert (siehe 1.3.5).

3.5.3. Datenerfassung

Basierend auf den vorgestellten Klassifikationssystemen wurden die, von den Untersuchern erhobenen, Befunde in ordinalskalierte Daten umgewandelt und zur statistischen Auswertung in eine entsprechende Excel Tabelle eingegeben.

Die Untersucher führten dabei eine zweistufige Bewertung durch.

Erstens die Beurteilung, ob eine Pathologie vorhanden ist oder nicht (Ja=1 oder Nein=0).

Zweitens wurde die exakte Klassifikation anhand einer numerischen Skala gemäß den vorgestellten spezifischen Kriterien (0,1,2,3 etc.) durchgeführt.

supraspinatus/ infraspinatus	Ruptur					
	ja=1					nein=0
	Snyder Lokalisation					
	<i>A=1</i>	<i>B=2</i>	<i>C=3</i>			
	Snyder Ausdehnung					
	<i>Grad I=1</i>	<i>Grad II=2</i>	<i>Grad III=3</i>	<i>Grad IV=4</i>		
	Patte Retraktion					
<i>Grad I=1</i>	<i>Grad II=2</i>	<i>Grad III=3</i>				
subscapularis	Ruptur					
	ja=1					nein=0
	Fox/Romeo					
	<i>Grad I=1</i>	<i>Grad II=2</i>	<i>Grad III=3</i>	<i>Grad IV=4</i>		
Labrum glenoidale	Bankartläsion					
	ja=1		nein=0			
	Sublabrales Foramen					
	ja=1		nein=0			
Lange Bizepsehne	SLAPLäsion					
	ja=1		nein=0			
	Pulley-Läsion					
	Ja=1					Nein=0
	Habermeyer					
	<i>Grad I=1</i>	<i>Grad II=2</i>	<i>Grad III=3</i>	<i>Grad IV=4</i>		

Tabelle 1: Schematische Darstellung der Auswertungstabelle

3.5.4 Statistik

Die Daten der Untersucher 1 und Untersucher 2 wurden zu den Zeitpunkten t1 und t2 (= t1 + 6 Wochen) erfasst und mit der Positivkontrolle von Untersucher 3 verglichen.

Ermittelt wurden die Sensitivität, die Spezifität sowie der positive und der negative prädiktive Wert anhand einer Vierfeldertafel.

Zusätzlich wurde die Intraobserverreliabilität nach Cohens Kappa bestimmt.

Sensitivität (Richtig Positivrate):

Richtig positiv / (richtig positiv + falsch negativ)

Beschreibt die Empfindlichkeit der Methode. Wie wahrscheinlich ist es, dass eine Pathologie nachgewiesen wird?

Spezifität (Richtig Negativrate):

Richtig negativ / (richtig negativ + falsch positiv)

Beschreibt die Exaktheit der Methode. Mit welcher Wahrscheinlichkeit liegt keine Pathologie vor, wenn die Bildgebung negativ ist?

Positiver prädiktiver Wert:

$P = \text{richtig positiv} / (\text{richtig positiv} + \text{falsch positiv})$

Wie wahrscheinlich liegt eine Pathologie vor, wenn die Bildgebung positiv ist?

Negativer prädiktiver Wert:

$P = \text{richtig negativ} / (\text{richtig negativ} + \text{falsch negativ})$

Wie wahrscheinlich ist keine Pathologie vorhanden, wenn die Bildgebung negativ ist?

Intraobserverreliabilität nach Cohens Kappa:

$K = (\text{tatsächliche Übereinstimmung} - \text{Übereinstimmung durch Raten}) / (1 - \text{Übereinstimmung durch Raten})$

Die Intraobserverreliabilität gibt an, wie exakt ein Untersucher seine Ergebnisse reproduzieren kann.

Nach Landis und Koch (33) gilt für die Intraobserverreliabilität:

0,00 – 0,2 ungenügend

0,21 – 0,4 ausreichend

0,41 – 0,6 befriedigend

0,61 – 0,8 gut

0,81 – 1,0 sehr gut

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

Es wurden 69 Patienten (n=69) identifiziert und in die Studie eingeschlossen. 25 Frauen (36%) und 44 Männer (64%) im Alter zwischen 26 und 83 Jahren. Der Altersdurchschnitt zum Zeitpunkt der Operation betrug 53,3 Jahre (Standardabweichung $\pm 11,4$ Jahre).

Bei der Auswahl der Patienten wurde darauf geachtet, dass keine Patienten in die Studie eingeschlossen wurden, die von Auswerter 1 operiert wurden.

4.2 Intraobserverreliabilität nach Cohens Kappa (34)

Exemplarisch ist hier die Berechnung für die Supraspinatussehne für Untersucher 1 dargestellt:

Bei Beurteilung der 69 Patienten zeigten sich 6 Abweichungen zwischen den beiden Auswertungsrunden. Das ergibt eine Übereinstimmung von 63 von 69 Patienten $\rightarrow 91\%$ ($=0,91$).

$$K = (0,91 - 0,5) / (1 - 0,5)$$

Das ergibt eine Kappa-Wert von $K=0,82$.

Die Intraobserverreliabilität der beiden Auswerter lag zwischen 0,5 und 1,0.

Die beste Übereinstimmung wurde von beiden Auswertern für die Beurteilung der Bankartläsion erzielt, die niedrigste wies Auswerter 2 für die Klassifikation der Pulleyläsion nach Habermeyer auf.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht der ermittelten Kappa-Werte der beiden Auswerter für die jeweiligen Untersuchungskriterien.

	Kappa Wert	
	Untersucher 1	Untersucher 2
Befund		
Supraspinatusruptur	0,82	0,94
Pulleyläsion	0,71	0,76
Subscapularisruptur	0,98	0,98
Bankartläsion	1,0	1,0
Infraspinatusruptur	0,91	0,97
Klassifikation		
Snyder	0,62	0,82
Ausdehnung Supraspinatusruptur	0,80	0,85
Patte	0,90	0,80
Habermeyer	0,55	0,50
Fox/Romeo	0,88	0,85

Tabelle 2: Intraobserverreliabilität nach Cohens Kappa

4.3 Rotatorenmanschette

Die Rotatorenmanschette wurde hinsichtlich möglicher Verletzungen evaluiert. Lokalisation, Ausdehnung und Sehnenretraktion der nachgewiesenen Läsionen wurden gemäß den vorgestellten Klassifikationen bewertet.

Gemäß der Positivkontrolle, lag bei 54 Patienten (78%) eine Läsion der Rotatorenmanschette vor. Davon 42 des M. Supraspinatus (60%), 8 des M. Subscapularis (12%) und 4 des M. Infraspinatus (6%).

4.3.1 Musculus Supraspinatus

Anhand der Vierfeldertafel wurden für die Sensitivität, Spezifität sowie den positiven und negativen prädiktiven Wert für beide Untersucher folgende Werte ermittelt.

Untersucher 1:

Es wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Auswertungen identisch beurteilt wurden also N=63 (6 Abweichungen K=0,82).

Tabelle 3 gibt die Ergebnisse des Untersuchers 1 für den Nachweis einer Läsion der Supraspinatussehne an.

N=63	OP Bericht positiv 40	OP Bericht negativ 23
MRT pos. 43	Richtig positiv 40	Falsch positiv 3
MRT neg. 20	Falsch negativ 0	Richtig negativ 20

Tabelle 3: Vierfeldertafel Supraspinatus Untersucher 1

Sensitivität:	100%
Spezifität:	87%
Positiver prädiktiver Wert:	93%
Negativer prädiktiver Wert:	100%

Untersucher 2:

Es wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Auswertungen identisch beurteilt wurden also N=67 (2 Abweichungen K=0,94).

Tabelle 4 gibt die Ergebnisse des Untersuchers 2 für den Nachweis einer Läsion der Supraspinatussehne an.

N=67	OP Bericht positiv 41	OP Bericht negativ 26
MRT pos. 45	Richtig positiv 41	Falsch positiv 4
MRT neg. 22	Falsch negativ 0	Richtig negativ 22

Tabelle 4: Vierfeldertafel Supraspinatus Untersucher 2

Sensitivität:	100%
Spezifität:	85%
Positiver prädiktiver Wert:	91%
Negativer prädiktiver Wert:	100%

Snyderklassifikation:

In die Bewertung wurden nur die in beiden Auswertungen korrekt klassifizierten Fälle einbezogen:

Untersucher 1: 34 von 42 identisch und richtig positiv klassifizierte (K=0,62).
Davon wurden 21 korrekt klassifiziert: 50%.

Untersucher 2: 38 von 42 identisch und richtig positiv klassifizierte (K=0,82).
Davon wurden 27 korrekt klassifiziert: 64%.

Betrachtet man nur die transmuralen Rupturen (Snyder C), so zeigt sich ein höherer Anteil an korrekt klassifizierten Läsionen:

Untersucher 1: 22 von 25 wurden korrekt klassifiziert: 88%.

Untersucher 2: 21 von 25 wurden korrekt klassifiziert: 84%.

Größenausdehnung:

Bei der Beurteilung der Größenausdehnung wurden nur Fälle berücksichtigt, die korrekt als Supraspinatussehnenläsion bewertet wurden und in beiden Runden identisch klassifiziert wurden:

Untersucher 1: 36 von 40 identisch und richtig positiv klassifizierte (K=0,8).
Davon wurden 23 korrekt klassifiziert: 63%.

Untersucher 2: 38 von 41 identisch und richtig positiv klassifizierte (K=0,85).
Davon wurden 20 korrekt klassifiziert: 51%.

Patte Klassifikation

Bei der Beurteilung der Retraktion nach Patte (23) wurden nur Fälle berücksichtigt, die sowohl korrekt als transmurale Ruptur, als auch in beiden Auswertungsrunden identisch klassifiziert wurden:

Untersucher 1: 21 von 22 identisch klassifizierte Retraktionen (K=0,9).
Davon wurden 14 korrekt klassifiziert: 66%.

Untersucher 2: 19 von 21 identisch klassifizierte Retraktionen (K=0,8).
Davon wurden 11 korrekt klassifiziert: 57%.

4.3.2 Musculus Infraspinatus

Es lagen 4 Verletzungen des M. Infraspinatus in der Positivkontrolle vor.

Untersucher 1:

Für die Auswertung wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Auswertungsrunden identisch beurteilt wurden also N=66 (3 Abweichungen K=0,91).

Tabelle 5 gibt die Ergebnisse zum Nachweis einer Läsion des. M Infraspinatus des Auswerters 1 an.

N=66	OP Bericht positiv 4	OP Bericht negativ 62
MRT pos. 1	Richtig positiv 1	Falsch positiv 0
MRT neg. 65	Falsch negativ 3	Richtig negativ 62

Tabelle 5: Vierfeldertafel Infraspinatus Untersucher 1

Sensitivität:	25%
Spezifität:	100%
Positiver prädiktiver Wert:	100%
Negativer prädiktiver Wert:	95%

Untersucher 2:

Für die Auswertung wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Auswertungsrunden identisch beurteilt wurden also N=68 (1 Abweichung K=0,97).

Tabelle 6 gibt die Ergebnisse des Auswerters 2 zum Nachweis einer Läsion des M. Infraspinatus an.

N=68	OP Bericht positiv 4	OP Bericht negativ 64
MRT pos. 8	Richtig positiv 0	Falsch positiv 8
MRT neg. 60	Falsch negativ 4	Richtig negativ 56

Tabelle 6: Vierfeldertafel Infraspinatus Untersucher 2

Sensitivität:	0%
Spezifität:	89%
Positiver prädiktiver Wert:	0%
Negativer prädiktiver Wert:	93%

4.3.3 Musculus Subscapularis

Insgesamt zeigten sich 8 Läsionen des M. Subscapularis in der Positivkontrolle.

Untersucher 1:

Für die Auswertung wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Auswertungsrunden identisch beurteilt wurden also N=68 (1 Abweichung K=0,98).

Tabelle 7 gibt die Ergebnisse des Auswerters 1 zum Nachweis einer Läsion des M. Subscapularis an.

N=68	OP Bericht pos. 8	OP Bericht neg. 60
MRT pos. 20	Richtig positiv 5	Falsch positiv 15
MRT neg. 48	Falsch negativ 3	Richtig negativ 45

Tabelle 7: Vierfeldertafel Subscapularis Untersucher 1

Sensitivität:	63%
Spezifität:	75%
Positiver prädiktiver Wert:	25%
Negativer prädiktiver Wert:	94%

Untersucher 2:

Für die Auswertung wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Auswertungsrunden identisch beurteilt wurden also N=68 (1 Abweichung K=0,98).

Tabelle 8 gibt die Ergebnisse des Auswerters 2 zum Nachweis einer Läsion des M. Subscapularis an.

N=68	OP Bericht pos. 8	OP Bericht neg. 60
MRT pos. 30	Richtig positiv 7	Falsch positiv 23
MRT neg. 38	Falsch negativ 1	Richtig negativ 37

Tabelle 8: Vierfeldertafel Subscapularis Untersucher 2

Sensitivität:	88%
Spezifität:	62%
Positiver prädiktiver Wert:	23%
Negativer prädiktiver Wert:	97%

Fox/Romeo Klassifikation

Für die Einteilung nach Fox/Romeo (22) wurden nur Fälle berücksichtigt, die richtig positiv beurteilt wurden und in beiden Auswertungsrunden identisch klassifiziert wurden:

Untersucher 1: 5 von 5 identisch und richtig positiv klassifizierte (K=0,88).
Davon wurden 3 korrekt klassifiziert: 60%.

Untersucher 2: 6 von 7 identisch und richtig positiv klassifizierte (K=0,85).
Davon wurden 3 korrekt klassifiziert: 50%.

4.4 Lange Bizepssehne

Insgesamt wurden 19 Pulleyläsionen in der Positivkontrolle nachgewiesen.

Untersucher 1:

Es wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Runden identisch beurteilt wurden also N=59 (10 Abweichungen K=0,71).

Tabelle 9 gibt die Ergebnisse des Untersuchers 1 zum Nachweis einer Läsion der langen Bizepssehne an.

N=59	OP Bericht pos. 19	OP Bericht neg. 40
MRT pos. 18	Richtig positiv 7	Falsch positiv 11
MRT neg. 41	Falsch negativ 11	Richtig negativ 30

Tabelle 9: Vierfeldertafel Pulleyläsion Untersucher 1

Sensitivität:	39%
Spezifität:	73%
Positiver prädiktiver Wert	39%
Negativer prädiktiver Wert	73%

Untersucher 2:

Es wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Runden identisch beurteilt wurden also N=61 (8 Abweichungen K=0,76).

Tabelle 10 gibt die Ergebnisse des Untersuchers 2 zum Nachweis einer Läsion der langen Bizepssehne an.

N=61	OP Bericht pos. 19	OP Bericht neg. 42
MRT pos. 24	Richtig positiv 9	Falsch positiv 15
MRT neg. 37	Falsch negativ 11	Richtig negativ 26

Tabelle 10: Vierfeldertafel Pulleyläsion Untersucher 2

Sensitivität:	40%
Spezifität:	63%
Positiver prädiktiver Wert:	38%
Negativer prädiktiver Wert:	70%

4.5 Bankartläsion

Insgesamt wurden 6 Bankartläsionen in der Kontrollgruppe nachgewiesen.

Untersucher 1:

Es wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Runden identisch beurteilt wurden also N=69 (keine Abweichung K=1,0).

Tabelle 11 gibt die Ergebnisse des Untersuchers 1 zum Nachweis einer Bankartläsion an

N=69	OP Bericht pos. 6	OP Bericht neg. 60
MRT pos. 1	Richtig positiv 1	Falsch positiv 0
MRT neg. 68	Falsch negativ 5	Richtig negativ 63

Tabelle 11: Vierfeldertafel Bankartläsion Untersucher 1

Sensitivität:	16%
Spezifität:	100%
Positiver prädiktiver Wert:	100%
Negativer prädiktiver Wert:	93%

Untersucher 2:

Es wurden nur die MRT Befunde berücksichtigt, die in beiden Runden identisch beurteilt wurden also N=69 (keine Abweichung K=1,0).

Tabelle 12 gibt die Ergebnisse des Auswerters 2 zum Nachweis einer Bankart Läsion an

N=69	OP Bericht pos. 6	OP Bericht neg. 60
MRT pos. 4	Richtig positiv 3	Falsch positiv 1
MRT neg. 65	Falsch negativ 2	Richtig negativ 63

Tabelle 12: Vierfeldertafel Bankartläsion Untersucher 2

Sensitivität:	50%
Spezifität:	97%
Positiver prädiktiver Wert:	75%
Negativer prädiktiver Wert:	97%

Tabelle 13 zeigt die Gesamtübersicht von Sensitivität und Spezifität der verschiedenen Läsionen beider Untersucher

Pathologie	N positiv in der Kontrollgruppe	Untersucher 1		Untersucher 2	
		Sensitivität	Spezifität	Sensitivität	Spezifität
Supraspinatusruptur	42	100%	86%	100%	85%
Pulleyläsion	19	38%	74%	40%	63%
Subscapularisruptur	8	63%	73%	88%	66%
Bankartläsion	6	16%	100%	50%	97%
Infraspinatusruptur	4	25%	100 %	0%	89%

Tabelle 13: Nachweis von pathologischen Befunden des Schultergelenks durch MRI

Tabelle 14 zeigt die Gesamtübersicht der korrekt klassifizierten Schulterbefunde beider Untersucher

Befund	Klassifikation	Richtig klassifiziert	
		Untersucher 1	Untersucher 2
Supraspinatusruptur	Snyder	50%	64%
	Ausdehnung	63%	51%
	Patte	66%	57%
Pulleyläsion	Habermeyer	66%	50%
Subscapularisruptur	Fox/Romeo	60%	50%

Tabelle 14: Anteil der korrekt klassifizierten Schultergelenksbefunde

5. Diskussion

Obwohl auch mit der Ultraschalldiagnostik Verletzungen der Rotatorenmanschette sicher diagnostiziert werden können (16), gilt die MRT als das überlegene bildgebende Verfahren in der Evaluation von Pathologien des Schultergelenks (35) (36).

Ziel dieser retrospektiven Studie war es zu untersuchen, wie zuverlässig und exakt Pathologien des Schultergelenks mit Hilfe der MRT diagnostiziert werden können. Des Weiteren sollte evaluiert werden, ob es relevante Unterschiede in der Beurteilung der MRT Untersuchungen zwischen einem Orthopäden und einem Radiologen gibt.

Die Zusammensetzung des Patientenkollektivs ist vergleichbar mit anderen Studien zur diagnostischen Aussagekraft der MRT des Schultergelenks (37).

Beschwerden des Schultergelenks betreffen vorwiegend Männer im mittleren Lebensalter.

Das von uns verwendete MRT Protokoll basiert auf den Empfehlungen der Deutschen Röntgengesellschaft zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik. Mit insgesamt 6 Untersuchungssequenzen ist es umfangreicher als bei vergleichbaren Studien, die teilweise nur 4 Sequenzen beinhalten (1). MRT Untersuchungen niedergelassener Radiologen enthalten in der Regel ebenfalls nur das, von der Kassenärztlichen Vereinigung geforderte, Mindestmaß von 4 Sequenzen.

In den zwei, um 6 Wochen zeitversetzten, Auswertungen der MRT-Untersuchungen, wurde für beide Auswerter eine vergleichbar hohe Intraobserverreliabilität mit Kappa Werten zwischen 0,62 und 1,0 ermittelt. Lediglich bei der Klassifikation der Supraspinatusläsionen wies der Radiologe mit einem $K=0,82$ eine erkennbar bessere Intraobserverreliabilität auf als der Orthopäde mit $K=0,62$.

Es zeigten sich sehr gute Ergebnisse bei beiden Untersuchern in der Beurteilung der Supraspinatussehne. Für Läsionen der Sehne wurde eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von >85%, sowie ein positiver Vorhersagewert von > 90%

ermittelt. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Auswertern, bei einer hohen Intraobserverreliabilität von $K=0,82$ bzw. $K=0,94$.

Bei der Klassifizierung der Supraspinatusrupturen zeigten sich dagegen deutlich schlechtere und zudem leicht diskrepante Ergebnisse zwischen den beiden Auswertern. Die Intraobserverreliabilität des Orthopäden war erkennbar geringer als die des Radiologen. Beide Auswerter konnten zudem nur 50% bzw. 64% aller Rupturen korrekt klassifizieren. Betrachtet man nur die transmuralen Rupturen (Snyder C), so zeigt sich allerdings ein größerer Anteil korrekt klassifizierter Läsionen von 88% bzw. 84%. In einer Studie von Albero et al mit 126 Patienten wird Anteil von 93% korrekt klassifizierten Snyder C Läsionen berichtet (38). Die etwas besseren Ergebnisse lassen sich dadurch erklären, dass es sich bei den präoperativen Untersuchungen um direkte Arthrographien gehandelt hat.

Bei der Beurteilung der Retraktion der kompletten Rupturen konnte in unserer Studie zwar eine hohe Intraobserverreliabilität von $K=0,9$ bzw. $K=0,8$ erreicht werden, korrekt klassifiziert wurden jedoch nur 66% bzw. 57%.

Es lagen nur 4 Infraspinalläsionen in der Positivkontrolle vor. Diese wurden mit einer hohen Intraobserverreliabilität von $K=0,91$ bzw. $K=0,97$ beurteilt. Die ermittelte Sensitivität und Spezifität haben jedoch auf Grund der geringen Fallzahl nur bedingte Aussagekraft und werden in der Diskussion daher nicht bewertet.

Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen in der Literatur zur Beurteilung der Rotatorenmanschette und zeigen, dass die Beurteilung von Teilrupturen schwieriger ist als die der kompletten Rupturen (39).

Manche Autoren beschreiben in der Literatur eine höhere Sensitivität in der MR Arthrographie (39) im Vergleich zur MRT, während bei anderen Autoren eine höhere Genauigkeit für bursaseitige Teilrupturen in der MRT beschrieben wird (40).

In einer aktuellen Studie wurde eine hohe Sensitivität von 86% bei einer Spezifität von 74% bei Verwendung eines 7 Tesla MRT beschrieben. Es zeigte sich jedoch auch eine Tendenz zur Überinterpretation (41).

Die Beurteilung der Subscapularisrupturen zeigte in der Studie eine hohe Intraobserverreliabilität von $K=0,98$ für beide Untersucher. Die Sensitivität lag bei 63% in der Beurteilung des Orthopäden bzw. 88% beim Radiologen. Die Spezifität bei 73% bzw. 66%. Diese Werte sind geringer als z.B. in einer aktuellen Metaanalyse von 2019 (42). In dieser Metaanalyse zeigten sich jedoch ebenfalls schlechtere Ergebnisse im Nachweis der Subscapularisläsionen im Vergleich zu den Supraspinatusläsionen.

Auffällig zeigte sich in unserer Studie eine höhere Anzahl falsch positiver Bewertungen der Subscapularisläsionen bei geringer Anzahl von falsch negativen Bewertungen. Daraus ergeben sich sehr schlechte positiv prädiktive Werte von 25% beim Orthopäden bzw. 23% beim Radiologen, bei sehr guten negativ prädiktiven Werten von 93% bzw. 97%.

Insgesamt legt dies generell eine Überinterpretation der Subscapularisrupturen nahe. Bei jedoch nur 8 positiven Fällen ist die Aussagekraft in unserer Studie, ähnlich wie bei den Infraspinatusrupturen, gering.

In der Kontrollgruppe zeigte sich eine Korrelation von 19 Pulleyläsionen bei 42 Supraspinatusläsionen. Dies entspricht in etwa dem Anteil an gleichzeitigem Auftreten, wie er auch in einer 2017 von Haki et al veröffentlichten Studie beschrieben wird (2).

Die Beurteilung der Pulleyläsionen zeigte gute Werte der Intraobserverreliabilität von $K=0,71$ bzw. $K=0,76$ der beiden Untersucher. Die Sensitivität lag beim Orthopäden bei 39%, die Spezifität bei 73%. Ähnliche Werte ergaben sich beim Radiologen mit 40% Sensitivität und 63% Spezifität.

Die Klassifikation nach Habermeyer erbrachte nur Kappa Werte von $K=0,55$ bzw. $K=0,50$. Hier zeigte sich ein Anteil von 66% korrekt klassifizierten beim Orthopäden, 50% beim Radiologen. Andere Autoren geben für den Nachweis von Läsionen der langen Bizepssehne sogar lediglich 44% Sensitivität an (43).

Eine Bankartläsion wurde in der Kontrollgruppe in 6 Fällen nachgewiesen.

Bei einer Intraobserverreliabilität von 1,0 bei beiden Untersuchern ergab sich eine Sensitivität von 16% beim Orthopäden und 50% bei Radiologen. Bei der geringen Fallzahl von 6 ergeben sich diese Zahlen jedoch bereits bei 2 unterschiedlichen

Bewertungen in 69 MRT. Die Spezifität zeigte sich bei beiden Untersuchern mit 100% bzw. 97% entsprechend hoch. Insgesamt sind diese Ergebnisse auf Grund der geringen Fallzahl nicht ausreichend aussagekräftig.

Limitierungen:

Diese Studie weist sowohl Stärken als auch Schwächen in Ihrer Methodik auf. Eine wesentliche Stärke liegt in der Anwendung eines einheitlichen MRT Untersuchungsprotokolls, an einem identischen Scanner für alle Untersuchungen. Dies führt zu einer guten Vergleichbarkeit der Bilder in der Beurteilung. Die Auswertung der MRT Befunde erfolgte standardisiert mit etablierten Klassifikationen, die im klinischen Alltag etabliert sind. Somit konnte eine gute Vergleichbarkeit mit den OP-Berichten der Kontrollgruppe erzielt werden. Es erfolgte eine zweifache, um 6 Wochen zeitversetzte, verblindete Auswertung durch 2 erfahrene Untersucher. Es konnte ein hohes qualitatives Niveau der erhobenen Befunde der Kontrollgruppe durch die einheitliche operative Exploration durch zwei erfahrene Operateure im identischen Operativen Zentrum erreicht werden.

Als Schwäche ist die Größe des Patientenkollektivs und die damit verbundene, teilweise geringe Fallzahl einzelner Befunde, wie z.B. der Bankart- und Infraspinatusläsion, zu nennen. Für den Vergleich zwischen Orthopäde und Radiologe existiert jeweils nur ein Auswerter. Daher ergibt sich ebenfalls nur eine bedingte Aussagekraft. Eine weitere Limitation ist im retrospektiven Studiendesign zu sehen. Daher konnte als Goldstandard nur die Auswertung der OP Berichte bzw. der Fotodokumentation definiert werden.

6. Schlussfolgerung

Die MRT ist ein zuverlässiges bildgebendes Verfahren zum Nachweis von Läsionen der Supraspinatussehne. In der exakten Klassifikation der Rupturen zeigt sie jedoch Schwächen. Für Pulleyläsionen zeigte sich eine unzureichende diagnostische Aussagekraft sowohl im Nachweis, als auch in der korrekten Klassifikation.

Eine Aussage zu den Läsionen der Subscapularis- und Infraspinatussehne ist auf Grund der geringen Fallzahl in der Studie nur bedingt möglich.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchern, Orthopäde und Radiologe, lässt sich bei hoher Intraobserverreliabilität nicht feststellen. Somit scheint die teilweise limitierte Aussagekraft eher in der Untersuchungsmethode MRT begründet und nicht im Untersucher. Die Verwendung von 3T Geräten sowie die direkte Arthrographie könnten hier möglicherweise bessere Ergebnisse liefern.

7. Zusammenfassung

Zielsetzung:

Ziel dieser retrospektiven Studie war es zu untersuchen, wie zuverlässig und exakt typische Pathologien des Schultergelenks mit Hilfe der MRT diagnostiziert werden können. Des Weiteren sollte evaluiert werden, ob es relevante Unterschiede in der Beurteilung der MRT Untersuchungen zwischen einem Radiologen und einem Orthopäden/Unfallchirurgen gibt.

Methode:

In einer retrospektiven Auswertung wurden 69 präoperative MRT Untersuchungen der Schulter aus der orthopädischen Klinik Lindenlohe aus den Jahren 2016 und 2017 von zwei Untersuchern, einem Orthopäden/Unfallchirurgen und einem Radiologen, im Abstand von 6 Wochen zweimal ausgewertet und anhand klinisch etablierter Klassifikationssysteme beurteilt. Diese Ergebnisse wurden mit den intraoperativen Bildern und den OP-Berichten (Positivkontrolle) verglichen. Zusätzliche Informationen, wie Klinischer Befund oder Anamnese, standen den Untersuchern nicht zur Verfügung.

Für alle Patienten wurde ein einheitliches, standardisiertes, natives MRT Untersuchungsprotokoll mit anatomischer Schulerspule an einem 1,5T Scanner verwendet.

Die retrospektive Beurteilung und Klassifikation der intraoperativ erhobenen Befunde erfolgte durch einen erfahrenen Operateur nach einheitlicher Exploration.

Ergebnisse:

Es ergab sich bei einer hohen Intraobserverreliabilität ($K=0,82$ und $K=0,94$) kein relevanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchern. Der Nachweis der Supraspinatussehnenläsionen erfolgte mit einer Sensitivität von 100% bei beiden Untersuchern und einer Spezifität von 87% bzw. 85%. Die weitere Klassifizierung der Supraspinatusrupturen gelang beiden Untersuchern in ca. 60% der Fälle. Für die Pulleyläsionen konnte eine Sensitivität von 40% sowie eine Spezifität von 74% bzw. 63% erzielt werden, die korrekte Klassifikation erfolgte in 60% der Fälle. Auf Grund der geringen Fallzahl sind die Ergebnisse bezüglich der Subscapularis- und

Infraspinatusrupturen sowie der Bankartläsionen nicht Aussagekräftig, allerdings deutet sich eine Sensitivität unter 60 % an.

Schlussfolgerung:

Die MRT ist eine zuverlässige Methode zum Nachweis von Supraspinatussehnenläsionen, weist jedoch Schwächen in der exakten Klassifizierung der Läsionen auf. Für Pulleyläsionen besteht keine ausreichende Diagnostische Aussagekraft. Es besteht kein relevanter Unterschied in der Beurteilung der MRT Untersuchungen zwischen Radiologe und Orthopäde.

Für weitere typische Verletzungen des Schultergelenks konnten, auf Grund der geringen Fallzahlen im Patientenkollektiv, keine aussagekräftigen Ergebnisse ermittelt werden. Hierzu sind weitere Untersuchungen mit größerem Patientenkollektiv erforderlich, um unter anderem den Stellenwert der Arthrographie und der 3T MRT weiter zu evaluieren.

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: aus Sobotta, Anatomie des Menschen: Rechtes Schultergelenk von lateral	8
Abbildung 2: aus Sobotta, Anatomie des Menschen: Rechtes Schultergelenk von ventral	8
Abbildung 3: aus http://www.idr.med.uni-erlangen.de/orthorad/storage/RTA%20Bilder/Main-o3b.jpg : nativradiologische true a.p. Aufnahme der linken Schulter	13
Abbildung 4: aus http://www.idr.med.uni-erlangen.de/orthorad/storage/RTA%20Bilder/Main-o3b.jpg : nativradiologische Outlet View Aufnahme der linken Schulter.....	13
Abbildung 5: aus Orthopädie und Unfallchirurgie up2date Sonographisches Bild: Transversalschnitt auf Höhe des kranialen Sulcus bicipitalis	14
Abbildung 6: aus Orthopädie und Unfallchirurgie up2date Sonographisches Bild: Frontal- longitudinalschnitt vom Acromion zum Tuberculum Majus, sog. Rabenschnabel	14
Abbildung 7: aus Habermeyer, Schulterchirurgie, 5. Auflage, Elsevier 2017: Schematische Darstellung von Rupturen der Subscapularis-Sehnen, Einteilung nach Fox/Romeo	16
Abbildung 8: Arthroskopischer Normalbefund Subscapularissehne.....	17
Abbildung 9: Arthroskopischer Befund Subscapularisläsion Fox/Romeo I.....	17
Abbildung 10: MRT Normalbefund Subscapularissehne	17
Abbildung 11: MRT Subscapularisläsion Fox/Romeo III	18
Abbildung 12: aus https://www.shoulderdoc.co.uk/images/uploaded/classification%20of%20partial%20tears%20web.jpg : Schematische Darstellung der Einteilung von Teilrupturen nach Ellman	19
Abbildung 13: aus https://www.shoulderdoc.co.uk/images/uploaded/full%20thickness%20rotator%20cuff%20tear%20ellman%20and%20gartsman%20classification%20web.jpg : Schematische Darstellung der verschiedenen Rissformen der Rotatorenmanschettenläsionen	20
Abbildung 14: Schematische Darstellung der Einteilung der Rupturlokalisierung in der Sagittalebene Segment 1 bis 6.....	21
Abbildung 15: aus https://www.shoulderdoc.co.uk/images/uploaded/cuff%20tear%20retraction%20web.jpg : Schematische Darstellung der Einteilung des Retraktionsausmaßes nach Patte	21
Abbildung 16: Arthroskopisches Bild Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte I	22
Abbildung 17: Arthroskopisches Bild Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte II.....	22
Abbildung 18: MRT Bild Transmurale Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte I....	22
Abbildung 19: MRT Bild Transmurale Supraspinatusruptur mit Retraktion Patte II...	23
Abbildung 20: aus https://www.shoulderdoc.co.uk/images/uploaded/topocographic%20classification%20of%20rotator%20cuff%20tears%20sagittal%20plane%20habermeyer%20.web.jpg : Schematische Darstellung der Zoneneinteilung nach Habermeyer.....	24
Abbildung 21: aus https://www.researchgate.net/figure/Grading-of-supraspinatus-muscle-atrophy-A-Grade-1-minimal-to-mild-atrophy-of_fig2_264163953 : MRT Bild der verschiedenen Stadien der Supraspinatusatrophie nach Thomazeau	24

Abbildung 22: aus https://media-de.amboss.com/media/thumbs/big_5aaa928cadd6.jpg : Schema der Einteilung in die verschiedenen Gruppen nach Bayley.....	26
Abbildung 23: aus https://link.springer.com/article/10.1007/s00132-017-3454-y/figures/2 : Klassifikation der Läsionen am vorderen Glenoidrand.....	27
Abbildung 24: Arthroskopischer Normalbefund Labrum Glenoidale.....	28
Abbildung 25: Arthroskopischer Befund Bankart-Läsion.....	28
Abbildung 26: MRT Normalbefund Labrum Glenoidale.....	28
Abbildung 27: MRT Befund klassische Bankart-Läsion.....	29
Abbildung 28: Schematische Darstellung der Bizepssehnenläsionen nach Habermeyer.....	30
Abbildung 29: Arthroskopischer Normalbefund Pulley.....	30
Abbildung 30: Arthroskopischer Befund Pulleyläsion.....	30
Abbildung 31: MRT Normalbefund Pulley.....	31
Abbildung 32: MRT Befund Pulleyläsion.....	31
Abbildung 33: Lagerung des Patienten im OP.....	34

9. Abkürzungsverzeichnis

SLAP:	Superior Labrum Anterior to Posterior
MRT:	Magnetresonanztomographie
MRA:	Magnetresonanarthrographie
CT:	Computertomographie
SSP:	Supraspinatus(-sehne)
ISP:	Infraspinatus(-sehne)
SSC:	Subscapularis(-sehne)
LBS:	Lange Bizepssehne
NSAID:	Non-steroidal anti-inflammatory drug
IGHL:	inferiores glenohumerales Ligament
MGHL:	mediales glenohumerales Ligament
SGHL:	superiores glenohumerales Ligament
ALPSA:	anterior labrum periosteal sleeve avulsion
GLAD:	glenolabral articular disruption
HAGL:	humeral avulsion of glenohumeral ligaments

10. Literaturverzeichnis

1. Hacken B, Onks C, Flemming D, Mosher T, Silvis M, Black K, u. a. Prevalence of MRI Shoulder Abnormalities in Asymptomatic Professional and Collegiate Ice Hockey Athletes. *Orthop J Sports Med.* 1. Oktober 2019;7(10):232596711987686.
2. Hawi N, Liodakis E, Garving C, Habermeyer P, Tauber M. Pulley lesions in rotator cuff tears: prevalence, etiology, and concomitant pathologies. *Arch Orthop Trauma Surg.* August 2017;137(8):1097–105.
3. Gleich J, Milz S, Ockert B. Grundlagen der Sehnenheilung an der Schulter und Konsequenzen für ihre Therapie: Stellenwert des plättchenreichen Plasmas und regenerativer Medizin. *Unfallchirurg.* Februar 2021;124(2):89–95.
4. Kasik CS, Rosen MR, Saper MG, Zondervan RL. High rate of return to sport in adolescent athletes following anterior shoulder stabilisation: a systematic review. *J ISAKOS.* Januar 2019;4(1):33–40.
5. McLaughlin HL, Cavallaro WU. Primary anterior dislocation of the shoulder. *Am J Surg.* Dezember 1950;80(6):615–21.
6. Ruchholtz S, Wirtz DC. *Orthopädie und Unfallchirurgie.* Stuttgart: Thieme; 2013.
7. Itoi E, Tabata S. Conservative treatment of rotator cuff tears. *Clin Orthop.* Februar 1992;(275):165–73.
8. Schmucker C, Titscher V, Braun C, Nussbaumer-Streit B, Gartlehner G, Meerpohl J. Surgical and Non-Surgical Interventions in Complete Rotator Cuff Tears. *Dtsch Arzteblatt Int.* 18. September 2020;117(38):633–40.
9. Bishop J, Klepps S, Lo IK, Bird J, Gladstone JN, Flatow EL. Cuff integrity after arthroscopic versus open rotator cuff repair: a prospective study. *J Shoulder Elbow Surg.* Juni 2006;15(3):290–9.
10. Morse K, Davis AD, Afra R, Kaye EK, Schepsis A, Voloshin I. Arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: a comprehensive review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* September 2008;36(9):1824–8.
11. Hawi N, Habermeyer P, Meller R, Razaieian S, von Falck C, Krettek C. Verletzungen des Bizeps-Labrum-Komplexes: Grundlagen, Pathologien und Behandlungskonzepte. *Unfallchirurg.* Februar 2021;124(2):96–107.
12. Konrads C, Baumann B, Plumhoff P. Schulter. In: Konrads C, Rudert M, Herausgeber. *Klinische Tests und Untersuchung in Orthopädie und Unfallchirurgie [Internet].* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018 [zitiert 16. Februar 2022]. S. 9–40. Verfügbar unter: http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-55341-1_2
13. Greenspan A, Beltran J, Steinbach LS, Greenspan A. *Skelettradiologie: Orthopädie, Traumatologie, Rheumatologie, Onkologie.* 6. Auflage. München: Elsevier; 2017. 1114 S.

14. Beckmann NM. Calcium Apatite Deposition Disease: Diagnosis and Treatment. *Radiol Res Pract.* 2016;2016:1–16.
15. Boppana S, Rajakulasingam R, Azzopardi C, Botchu R. Ultrasound of glenoid labrum with MR arthrographic correlation. *J Ultrasound.* März 2021;24(1):99–106.
16. Liang W, Wu H, Dong F, Tian H, Xu J. Diagnostic performance of ultrasound for rotator cuff tears: a systematic review and meta-analysis. *Med Ultrason.* 11. Mai 2020;22(2):197.
17. Small KM, Adler RS, Shah SH, Roberts CC, Bencardino JT, Appel M, u. a. ACR Appropriateness Criteria Shoulder Pain-Atraumatic. *J Am Coll Radiol.* November 2018;15(11):S388–402.
18. Bateman JE, Fornasier VL. *The shoulder and neck.* 2d ed. Philadelphia: Saunders; 1978. 790 S.
19. Snyder SJ, Williams RW. Arthroscopic classification of rotator cuff lesions and surgical decision making in Shoulder Arthroscopy [Internet]. Lippincott Williams and Wilkins; 2003 [zitiert 16. Februar 2022]. Verfügbar unter: <http://0-site.ebrary.com.fama.us.es/lib/unisev/Doc?id=10826521>
20. Habermeyer P, Lichtenberg S, Magosch P, Baierle T, Herausgeber. *Schulterchirurgie.* 4. Aufl. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2010. 868 S.
21. Ellman H. Diagnosis and treatment of incomplete rotator cuff tears. *Clin Orthop.* Mai 1990;(254):64–74.
22. Fox JA, Noerdlinger MA, Romeo AA. Arthroscopic subscapularis repair. *Oper Tech Orthop.* Januar 2002;12(3):209–17.
23. Patte D. Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop.* Mai 1990;(254):81–6.
24. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop.* Juli 1994;(304):78–83.
25. Goutallier D, Postel J, Patte D. L'évaluation par le scanner de la Trophicité des muscles de la coiffe des rotateurs ayant une rupture tendineuse. *Rev Chir Orthop.* 1989;126–7.
26. Habermeyer P, Magosch P, Luz V, Lichtenberg S. Three-Dimensional Glenoid Deformity in Patients with Osteoarthritis: A Radiographic Analysis. *J Bone Jt Surg.* Juni 2006;88(6):1301–7.
27. Thomazeau H, Lucas C. *The Cuff.* Paris: Elsevier; 1997.
28. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval J-M, Langlais F. Atrophy of the supraspinatus belly Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand.* Januar 1996;67(3):264–8.

29. Gerber, C. Les instabilités de l'épaule. Paris: Cahiers d'enseignement de la SOFCOT 33. 1988;51–74.
30. Lewis A, Kitamura T, Bayley JIL. The classification of shoulder instability: new light through old windows! *Curr Orthop*. April 2004;18(2):97–108.
31. Habermeyer P, Magosch P, Lichtenberg S. Schulterinstabilitäten: Klassifikation und Behandlung. *Orthop* [Internet]. Juli 2004 [zitiert 16. Februar 2022];33(7). Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/s00132-004-0687-3>
32. Habermeyer P, Magosch P, Pritsch M, Scheibel MT, Lichtenberg S. Anterosuperior impingement of the shoulder as a result of pulley lesions: a prospective arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg*. Januar 2004;13(1):5–12.
33. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. März 1977;33(1):159.
34. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. 1960. 37–46 S. (*Educational and Psychological Measurement*. 20).
35. Schumaier A, Kovacevic D, Schmidt C, Green A, Rokito A, Jobin C, u. a. Defining massive rotator cuff tears: a Delphi consensus study. *J Shoulder Elbow Surg*. April 2020;29(4):674–80.
36. Liu F, Dong J, Shen W-J, Kang Q, Zhou D, Xiong F. Detecting Rotator Cuff Tears: A Network Meta-analysis of 144 Diagnostic Studies. *Orthop J Sports Med*. 1. Februar 2020;8(2):232596711990035.
37. Yazigi Junior JA, Anauate Nicolao F, Archetti Netto N, Matsunaga FT, Lim Lee JH, Torres Ogata SY, u. a. Magnetic resonance imaging reproducibility for rotator cuff partial tears in patients up to 60 years. *BMC Musculoskelet Disord*. Dezember 2019;20(1):383.
38. Aliprandi A, Messina C, Arrigoni P, Bandirali M, Di Leo G, Longo S, u. a. Reporting rotator cuff tears on magnetic resonance arthrography using the Snyder's arthroscopic classification. *World J Radiol*. 2017;9(3):126.
39. Roy J-S, Braën C, Leblond J, Desmeules F, Dionne CE, MacDermid JC, u. a. Diagnostic accuracy of ultrasonography, MRI and MR arthrography in the characterisation of rotator cuff disorders: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. Oktober 2015;49(20):1316–28.
40. Huang T, Liu J, Ma Y, Zhou D, Chen L, Liu F. Diagnostic accuracy of MRA and MRI for the bursal-sided partial-thickness rotator cuff tears: a meta-analysis. *J Orthop Surg*. Dezember 2019;14(1):436.
41. Lazik-Palm A, Kraff O, Rietsch SHG, Ladd ME, Kamminga M, Beck S, u. a. 7-T clinical MRI of the shoulder in patients with suspected lesions of the rotator cuff. *Eur Radiol Exp*. Dezember 2020;4(1):10.

42. Malavolta EA, Assunção JH, Gracitelli MEC, Yen TK, Bordalo-Rodrigues M, Ferreira Neto AA. Accuracy of magnetic resonance imaging (MRI) for subscapularis tear: a systematic review and meta-analysis of diagnostic studies. *Arch Orthop Trauma Surg.* Mai 2019;139(5):659–67.
43. Dubrow S, Shishani Y, Streit J, Gobezie R, Robbin M. Diagnostic accuracy in detecting tears in the proximal biceps tendon using standard nonenhancing shoulder MRI. *Open Access J Sports Med.* April 2014;81.

11. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn PD Dr. med. Patrick Hoffstetter für die äußerst engagierte, geduldige und zuverlässige Betreuung über die gesamte Zeit.

Herrn Prof. Dr. Stroszczyński, Direktor des Instituts für Röntgendiagnostik des Universitätsklinikums Regensburg, möchte ich für die Überlassung des Themas danken.

Frau Marion Huf, radiologisch technische Assistentin, danke ich für die Pseudonymisierung der MRT Bilder vor Studienbeginn.

Meiner Familie danke ich für die Unterstützung in sämtlichen Lebenslagen.

12. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Boris Herbst
Wohnort: Telemannstrasse 45
93128 Regenstauf

Geburtstag und –ort: 14.01.1977 in Regensburg

Schulbildung

09/83 – 07/87 Grundschole Prüfening, Regensburg
09/87 – 07/96 Goethe- und Pindl-Gymnasium, Regensburg

Zivildienst

09/96 – 09/97 Ambulante Alten- und Krankenpflege/ Caritasverband
Regensburg

Studium

10/97 – 03/01 Vorklinisches Studium, Universität Regensburg
04/01 – 03/04 Klinisches Studium, Universität Regensburg
04/05 Ärztliche Prüfung und Erteilung der Approbation

Beruf

07/05 – 03/07 Assistenzarzt der Allgemein- und Unfallchirurgie im
Evangelischen Krankenhaus Regensburg

04/07 – 08/10 Assistenzarzt der Unfallchirurgie, Orthopädie und
Sportmedizin im Krankenhaus Barmherzige Brüder
Regensburg

09/10 – 02/11 Rotation im Rahmen der Facharztweiterbildung an das
Orthopädische Klinikum Bad Abbach

03/11 – 09/15 Assistenzarzt Orthopädische Klinik Lindenlohe

Seit 03/13 Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie

Seit 10/15 Oberarzt Orthopädische Klinik Lindenlohe