

Aus dem Institut für Röntgendiagnostik
der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. D. Hahn

**Die Wertigkeit der MRT im Umfeld einer spezialisierten Schultersprechstunde
- eine retrospektive Analyse von 89 Patienten -**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Julia Savić-Quilez

aus Roth

Würzburg, Oktober 2009

Referent: Prof. Dr. med. W. Kenn

Korreferent: Prof. Dr. med. D. Hahn

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung:

Die Promovendin ist Zahnärztin

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Material und Methodik	3
2.1	Patientengut	3
2.2	Untersuchungsverfahren	4
2.2.1	MRT	4
2.2.1.1	MR-Untersuchungsprotokoll	4
2.2.2	MR-Arthrographie	5
2.3	Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, positiver und negativer Vorhersagewert	6
2.4	Definition der statistischen Parameter	8
3.	Ergebnisse	9
3.1	Übersicht über das Gesamtergebnis	9
3.1.1	Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, positiver und negativer Vorhersagewert	9
3.2	Ergebnisse der einzelnen Krankheitsbilder	10
3.2.1	AC-Komplex / Coracoidale Pathologien	10
3.2.2	Bizepssehnenpathologie und SLAP-Läsionen	11
3.2.3	Entzündlich reaktive Veränderungen	12
3.2.4	Glenohumeraler Gelenkkomplex	13
3.2.4.1	Läsionen des Kapselbandapparates	15
3.2.4.2	Knorpeldefekte glenohumeral	16
3.2.5	RM-Pathologie	17
3.2.5.1	Komplette und inkomplette RMR	18

3.3	Therapeutischer Impact der MRT	19
4.	Diskussion	30
4.1	AC-Komplex / Coracoidale Pathologien	32
4.2	Bizepssehnenpathologie und SLAP-Läsionen	33
4.3	Entzündlich reaktive Veränderungen	36
4.4	Glenohumeraler Gelenkkomplex	37
4.5	RM-Pathologie	39
4.6	Therapeutischer Impact der MRT	42
5.	Zusammenfassung	44
6.	Literaturverzeichnis	46
7.	Danksagung	52
8.	Lebenslauf	53

1. Einleitung

Die Magnetresonanztomographie ist als valides bildgebendes Verfahren in der Beurteilung krankhafter Veränderungen der Schulter etabliert. Der klinische Stellenwert ist in zahlreichen Studien für verschiedene Entitäten (AC-Komplex/coracoidale Pathologien, Rotatorenmanschettenläsionen, Pathologien des Kapsel-Band-Apparates und der Bizepssehne sowie primär und reaktiv bedingte entzündliche Veränderungen) belegt. Überraschend ist daher, dass in der Literatur keine Arbeiten darüber existieren, inwieweit das Ergebnis der MRT-Untersuchung dann tatsächlich das therapeutische Procedere beeinflusst. Diese Tatsache gewinnt gerade in Zeiten einer von ökonomischen Gesichtspunkten dominierten Medizin zunehmend an Bedeutung. Dabei ist von Relevanz, in welchem klinischen Setting die Indikation zur Durchführung einer MRT-Untersuchung gestellt wird, wie groß die klinische Erfahrung des die Indikation stellenden Untersuchers ist, welche Art von Vordiagnostik und wie hochwertig ihre Qualität ist. Ziel dieser Arbeit ist es daher, den therapeutischen Impact der MRT an einem retrospektiv evaluierten Patientenkollektiv im Setting einer hochspezialisierten Schultersprechstunde zu evaluieren. In diese Auswertung wurden nur Patienten eingeschlossen, die in der Schultersprechstunde des König-Ludwig Hauses gesehen wurden und bei denen aufgrund der klinischen Untersuchung (inklusive Labordiagnostik) und bis dahin erfolgter Vordiagnostik in Form einer Röntgen- und Ultraschalldiagnostik die Indikation zur Durchführung einer MRT-Untersuchung am Institut für Röntgendiagnostik gestellt wurde. Die Untersuchungstechnik orientierte sich an der Fragestellung und umfasste sowohl die kontrastmittelverstärkte MRT als auch die MR-Arthrographie. Der Einfluss der MRT auf das therapeutische Procedere wurde kategorisiert in 5 Gruppen: AC-Komplex/coracoidale Pathologien, primär und reaktiv bedingte entzündliche Veränderungen, Pathologien der Bizepssehne, Pathologien des Kapsel-Band-Apparates, sowie Rotatorenmanschettenläsionen.

Bei den Patienten, bei denen man sich für ein operatives Vorgehen entschied, wurde in dieser Arbeit untersucht, inwieweit die im OP-Befund beschriebenen krankhaften Veränderungen auch ihren Niederschlag im MRT Befund fanden.

Dies wurde für die verschiedenen Entitäten dokumentiert und bezüglich der diagnostischen Treffsicherheit evaluiert. Dabei wurden nur diejenigen Patienten in die retrospektive Auswertung eingeschlossen, bei denen die Befundung durch einen in der MRT-Schulterdiagnostik langjährig erfahrenen MR-Radiologen erfolgte.

2. Material und Methodik

2.1 Patientengut

Es wurden Daten von insgesamt 113 Patienten, welche in einem Zeitraum von 8 Jahren (1995 – 2003) an der Schulter kernspintomographisch untersucht wurden, retrospektiv gesichtet. Die Patienten wurden primär in einer spezialisierten Schulterklinik (Orthopädische Klinik Würzburg, König-Ludwig-Haus) untersucht und bezüglich weiterführender Diagnostik an die Abteilung für Röntgendiagnostik der Uniklinik Würzburg zur Durchführung einer MRT überwiesen.

Die Auswertung der Unterlagen ergab, dass 54/113 Patienten aufgrund der klinischen Konstellation (Anamnese, klinische Untersuchung und initiale Diagnostik, wie Röntgen und Sonographie) und der MR-Diagnostik operativ behandelt wurden, 35/113 nach MR-Diagnostik rein konservativ therapiert wurden und 24/113 aufgrund unzureichender Aktenlage nicht zur Auswertung herangezogen werden konnten.

Die Gruppe der 54 Patienten, die nach MR-Untersuchung operiert wurde, bildet die Grundlage für diese Arbeit. Die Operationen wurden in der Orthopädischen Klinik Würzburg (König-Ludwig-Haus) durchgeführt. Bei allen Patienten entspricht die diagnostische Arthroskopie und/oder ein offen chirurgisches Vorgehen dem Goldstandard, bei AC-Pathologien und Veränderungen der Bursa entspricht dies einer endoskopischen Inspektion des Subacromialraums.

28/54 Patienten wurden zusätzlich arthrographiert, 10/54 Patienten wurden nach Trauma operiert und bei 4/54 Patienten fand bereits in der Vergangenheit ein Eingriff an der Schulter statt. Das Durchschnittsalter der 16 Frauen und 38 Männer dieser Gruppe betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung 49 Jahre.

2.2 Untersuchungsverfahren

2.2.1 MRT

Bei 54 Patienten wurde anhand des folgenden Standarduntersuchungsprotokolls eine MRT-Untersuchung durchgeführt.

2.2.1.1 MR-Untersuchungsprotokoll

Die MRT-Untersuchungen erfolgten an einem Magnetom Vision Ganzkörpertomographen der Firma Siemens unter Verwendung einer Schulerspule. Die Patienten wurden auf dem Rücken gelagert, der zu untersuchende Arm befand sich in Neutral-Null-Position.

Das Untersuchungsprotokoll umfasste eine T1-gewichtete (TR 500-700, TE 26ms) SE-Sequenz (3mm Schichtdicke, 512-er Matrix, Distanzfaktor 0,1) in transversaler Schichtführung vor und nach i.v. KM-Gabe (Gd-DTPA, inklusive Fettsaturierung) und eine anguliert parakoronale Protonen- und T2-gewichtete SE-Sequenz (TR 2200-3000, TE 25-40/90-100ms, 3mm, 512-er Matrix). Komplettiert wurde die Untersuchung durch eine Protonen- und T2-gewichtete SE-Sequenz in parasagittaler Schichtführung (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: MR-Untersuchungsprotokoll

Sequenz	T1 SE* vor und nach i.v. KM-Gabe (fat-sat fakultativ)	PD/T2 TSE	PD/T2 TSE	Alternativ T1 SE* nach i.v. fat-sat
TR/TE (ms)	500-700/26	2200-3000/25-40/90-100	2200-3000/25-40/90-100	
Orientierung	transversal	parakoronal	parasagittal	parasagittal
FOV (mm)	180-200	180-200	180-200	180-200
Matrix	512	512	512	512
Slice (mm) Distanzfaktor 10%	3	3	3	3

2.2.2 MR-Arthrographie

Bei 28/54 Patienten wurde zusätzlich zur MRT eine MR-Arthrographie durchgeführt, insbesondere bei allen Fragestellungen des glenohumeralen Gelenkkomplexes (Läsionen des Kapselbandapparates, glenohumerale Knorpeldefekte).

Dazu wurden den Patienten durchleuchtungsgestützt 20ml eines Gd-DTPA (Gadolinium-Diäthylen-triamin-pentaacetat) Gemisches (1:200) über einen ventralen Zugang intraartikulär injiziert. Anschließend erfolgte die Durchführung der MRT analog zu 2.2.1.

Das Untersuchungsprotokoll umfasste eine T1-gewichtete (TR 500-700, TE 26ms) SE-Sequenz (3mm Schichtdicke, 512-er Matrix, Distanzfaktor 0,1) in transversaler

Schichtführung, sowie eine T1-gewichtete SE-Sequenz in parakoronaler und parasagittaler Schichtführung (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: MR-Arthrographie-Untersuchungsprotokoll

Sequenz	T1 SE	T1 SE	T1 SE
TR/TE (ms)	500-700/26	500-700/26	500-700/26
Orientierung	transversal	parakoronar	parasagittal
FOV (mm)	180-200	180-200	180-200
Matrix	512	512	512
Slice (mm) Distanzfaktor 10%	3	3	3

2.3 Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, positiver und negativer Vorhersagewert

Folgende Kriterien wurden zur Bewertung der MRT herangezogen:

- 1) Sensitivität: Aussage, inwieweit ein Verfahren einen pathologischen Befund als solchen erkennen kann



- 2) Spezifität: Aussage, inwieweit ein Verfahren einen nicht pathologischen Befund als solchen erkennen kann

$$\frac{\text{richtig negativ}}{\text{richtig negativ} + \text{falsch positiv}}$$

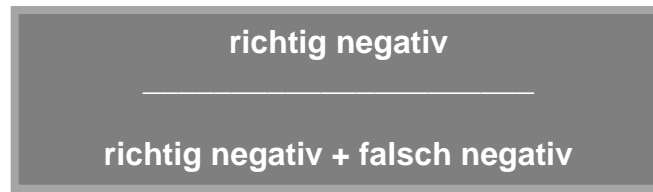
- 3) Treffsicherheit: Aussage, inwieweit ein Verfahren einen richtigen Befund als solchen erkennen kann

$$\frac{\text{richtig positiv} + \text{richtig negativ}}{\text{Anzahl der Untersuchungen}}$$

- 4) Positiver Vorhersagewert: Wahrscheinlichkeit, dass ein positives Testergebnis tatsächlich auf einem positiven Ergebnis beruht

$$\frac{\text{richtig positiv}}{\text{richtig positiv} + \text{falsch positiv}}$$

- 5) Negativer Vorhersagewert: Wahrscheinlichkeit, dass ein negatives Testergebnis auch tatsächlich negativ ist



2.4 Definition der statistischen Parameter

1) richtig positiv:

Ein Befund wurde sowohl im MRT, als auch intraoperativ gesehen

2) richtig negativ:

Ein Befund wurde weder im MRT, noch intraoperativ gesehen.

Dies entspricht im Falle der einzelnen Gruppen allen Befunden, die nicht der jeweiligen Gruppe angehören.

3) falsch positiv:

Ein Befund wurde im MRT gesehen, jedoch intraoperativ nicht

4) falsch negativ:

Ein Befund wurde im MRT nicht gesehen, jedoch intraoperativ

3. Ergebnisse

3.1 Übersicht über das Gesamtergebnis

Bei 54 Patienten wurden sowohl mittels MR-Diagnostik als auch operativ insgesamt 129 Befunde erhoben, wovon sich 96 Diagnosen (74%) intraoperativ bestätigten. 26/129 Pathologien (20%) wurden mittels MRT nicht erkannt und in 7/129 Fällen ergab die MR-Diagnostik einen falsch positiven Befund (5%).

Daraus errechnet sich eine Gesamtsensitivität von 79% und ein positiver Vorhersagewert von 93%.

3.1.1 Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, positiver und negativer Vorhersagewert

Tabelle 3 zeigt die statistischen Kennwerte der einzelnen Krankheitsbilder.

Tabelle 3: Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, positiver und negativer Vorhersagewert der einzelnen Krankheitsbilder prozentual

	Sensitivität	Spezifität	Treffsicherheit	pos. Vorhersagewert	neg. Vorhersagewert
AC-Komplex/Coracoidale Pathologien	100	100	100	100	100
Bicepssehnenpathologie und SLAP	74	100	96	100	96
Entzündliche Veränderungen	78	100	97	100	97
Glenoid-Komplex	70	95	87	89	86
Rotatorenmanschettenpathologie	88	97	94	91	96

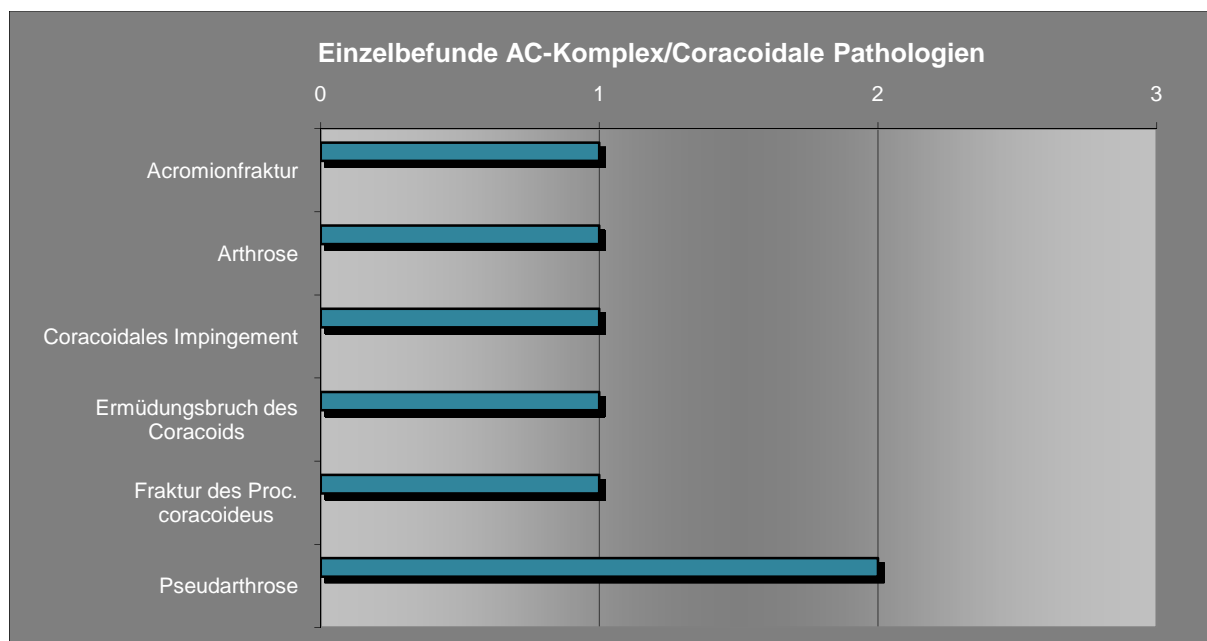
3.2 Ergebnisse der einzelnen Krankheitsbilder

3.2.1 AC-Komplex / Coracoidale Pathologien

In 7/7 Fällen ergab sich eine 100%ige Übereinstimmung der MRT-Diagnostik mit der intraoperativen Situation (Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, positiver und negativer Vorhersagewert je 100%).

Einzelbefunde, die diesem Komplex angehören, sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Einzelbefunde AC-Komplex/Coracoidale Pathologien



Anzahl der richtig negativen Befunde: 122

Der Entsprechung nach gilt folgende farbliche Zuordnung:

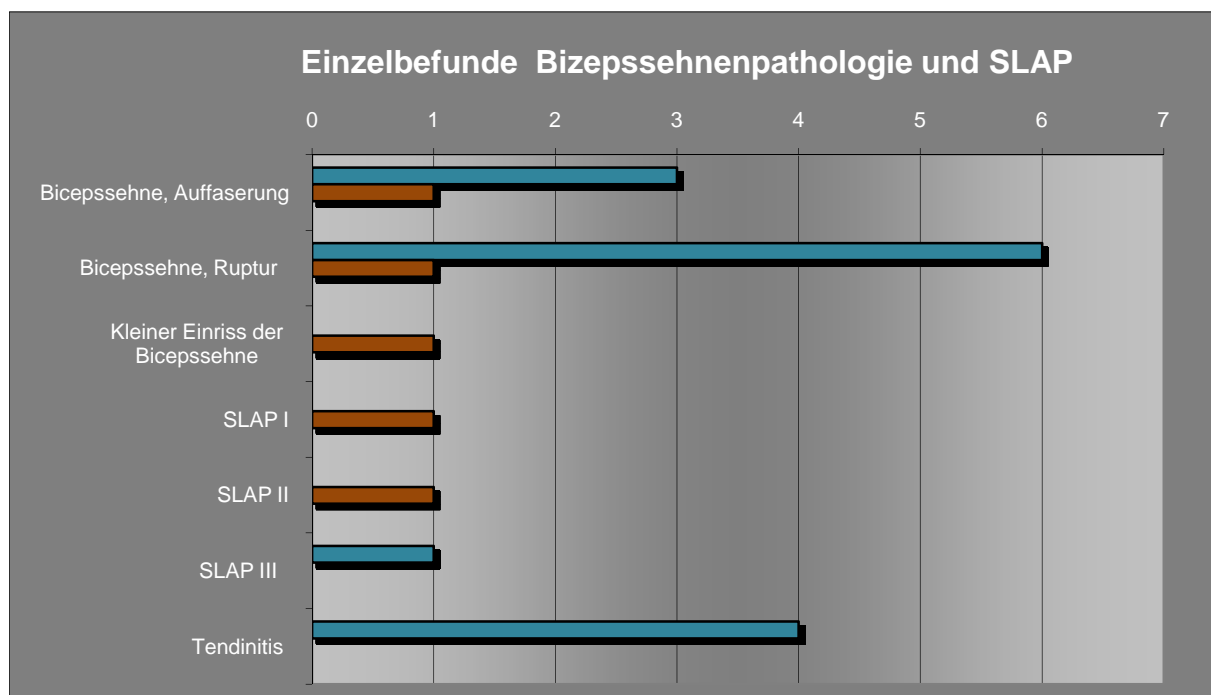
richtig positiv
falsch negativ
falsch positiv

3.2.2 Bizepssehnenpathologie und SLAP-Läsionen

14/19 Befunde erwiesen sich als richtig positiv (74%) und 5/19 Befunde wurden falsch negativ diagnostiziert (26%). Es gab keinen falsch positiven Befund. Daraus ergab sich eine Sensitivität von 74%, eine Spezifität von 100%, eine Treffsicherheit von 96%, ein positiver Vorhersagewert von 100% und ein negativer Vorhersagewert von 96%.

Einzelbefunde finden sich nachfolgend in Tabelle 5.

Tabelle 5: Einzelbefunde Bizepssehnenpathologie und SLAP



Anzahl der richtig negativen Befunde: 110

Der Entsprechung nach gilt folgende farbliche Zuordnung:

richtig positiv
falsch negativ
falsch positiv

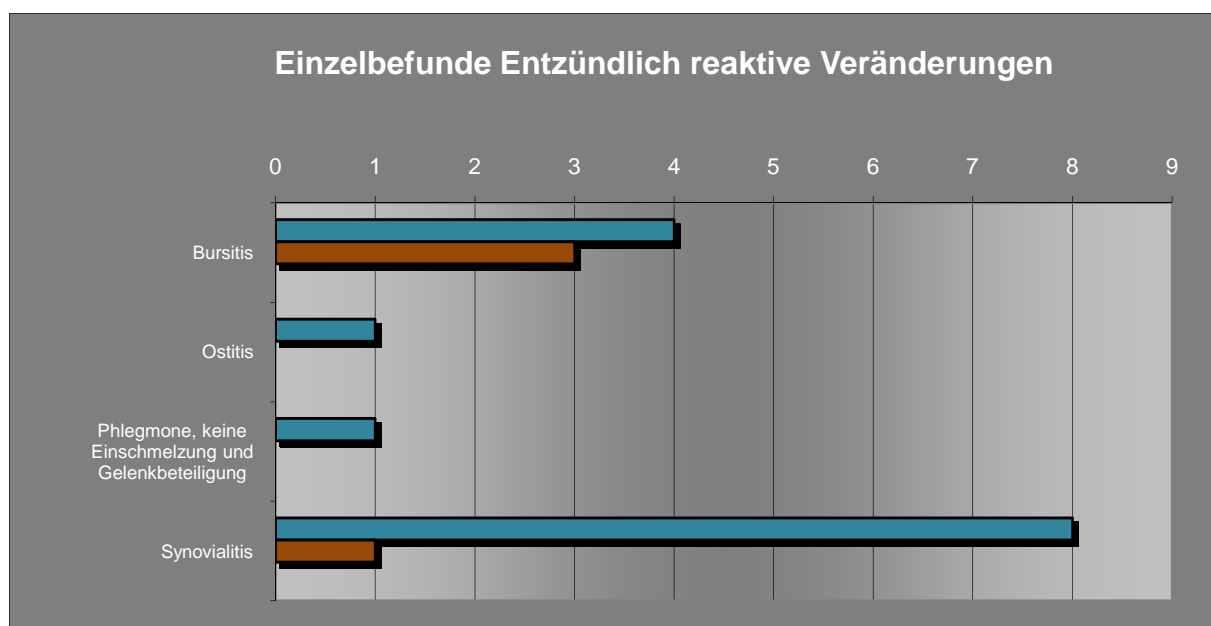
Es zeigt sich, dass die *SLAP III*-Läsion richtig positiv gesehen wurde (1/1), die *SLAP I*- (1/1) und *SLAP II*-Läsionen (1/1) jeweils falsch negativ gesehen wurden.

3.2.3 Entzündlich reaktive Veränderungen

Insgesamt bestätigten sich 14/18 Befunde intraoperativ (78%). 4/18 Pathologien erwiesen sich als falsch negativ (22%). Es ergab sich eine Sensitivität von 78%, eine Spezifität von 100%, eine Treffsicherheit von 97%, ein positiver Vorhersagewert von 100% und ein negativer Vorhersagewert von 97%.

Einzelbefunde finden sich nachfolgend in Tabelle 6.

Tabelle 6: Einzelbefunde Entzündlich reaktive Veränderungen



Anzahl der richtig negativen Befunde: 111

Der Entsprechung nach gilt folgende farbliche Zuordnung:

richtig positiv
falsch negativ
falsch positiv

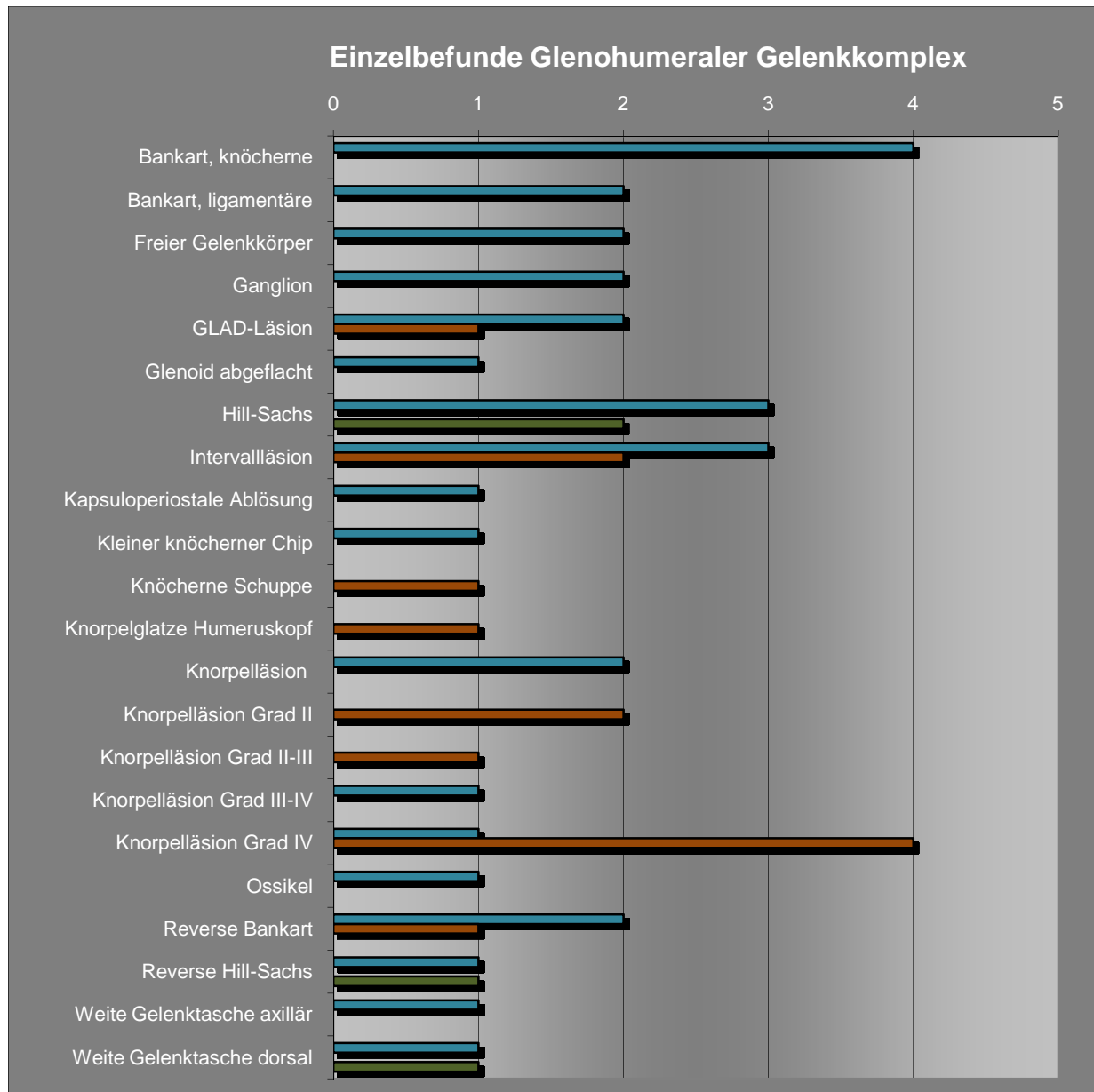
3.2.4 Glenohumeraler Gelenkkomplex

31/48 Pathologien bestätigten sich intraoperativ (65%).

13/48 Befunden erwiesen sich als falsch negativ (27%) und 4/48 Befunden stellten sich falsch positiv dar (8%). Daraus ergab sich eine Sensitivität von 70%, eine Spezifität von 95%, eine Treffsicherheit von 87%, ein positiver Vorhersagewert von 89% und ein negativer Vorhersagewert von 86%.

Einzelbefunde dieses Komplexes finden sich nachfolgend in Tabelle 7 (Seite 14).

Tabelle 7: Einzelbefunde Glenohumeraler Gelenkkomplex



Anzahl der richtig negativen Befunde: 81

Der Entsprechung nach gilt folgende farbliche Zuordnung:

richtig positiv
falsch negativ
falsch positiv

Nachfolgend werden aus dieser Pathologie *Läsionen des Kapselbandapparates* und *Knorpeldefekte glenohumeral* gesondert betrachtet.

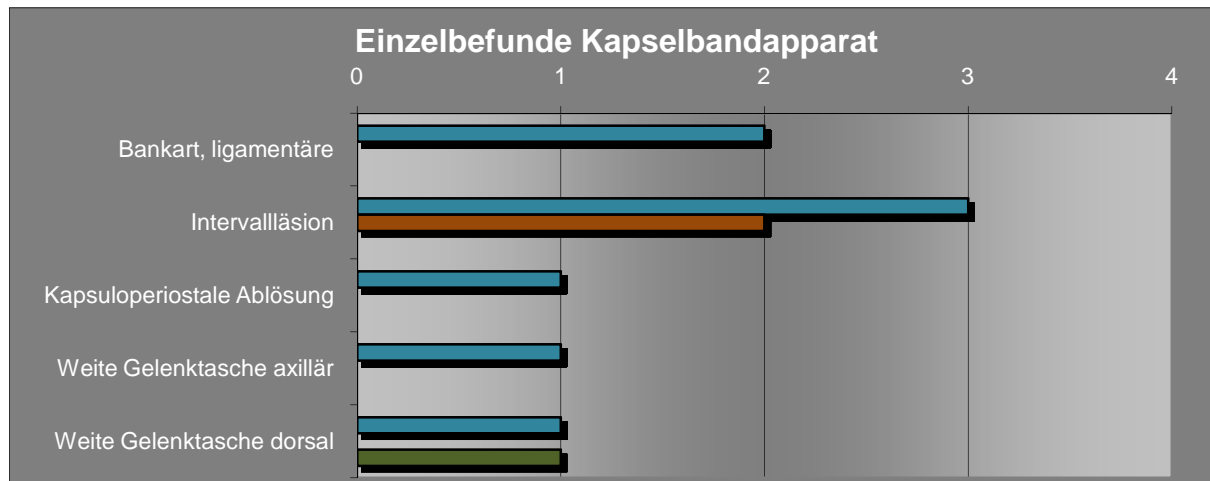
3.2.4.1 Läsionen des Kapselbandapparates

8/11 Befunde erwiesen sich als richtig positiv (73%), 2/11 Pathologien als falsch negativ (18%) und 1/11 Diagnosen stellten sich falsch positiv dar (9%).

Es ergab sich eine Sensitivität von 80%, eine Spezifität von 99%, eine Treffsicherheit von 98%, ein positiver Vorhersagewert von 89% und ein negativer Vorhersagewert von 98%.

Einzelbefunde bezüglich dieser Gruppe finden sich nachfolgend in Tabelle 8.

Tabelle 8: Einzelbefunde des Kapselbandapparates



Anzahl der richtig negativen Befunde: 118

Der Entsprechung nach gilt folgende farbliche Zuordnung:

richtig positiv
falsch negativ
falsch positiv

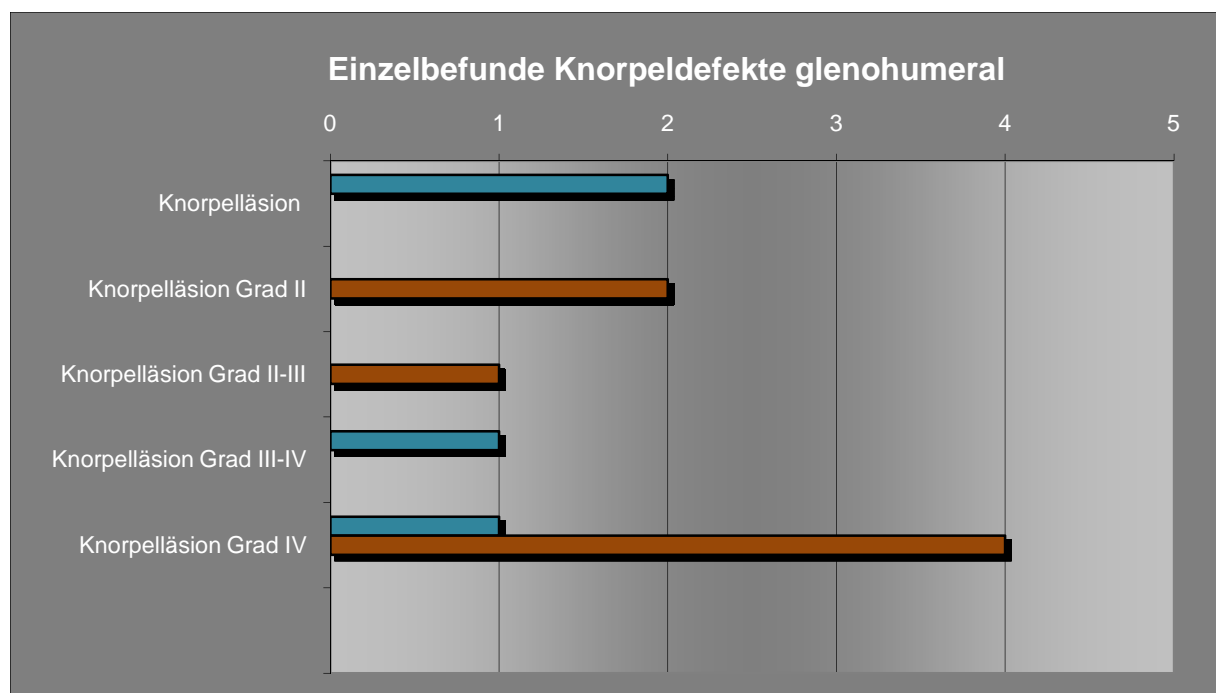
3.2.4.2 Knorpeldefekte glenohumeral

4/11 Befunde bestätigten sich intraoperativ (36%) und 7/11 Pathologien erwiesen sich als falsch negativ (64%). Es gab keinen falsch positiven Befund.

Hieraus ergab sich eine Sensitivität von 36%, eine Spezifität von 100%, eine Treffsicherheit von 95%, ein positiver Vorhersagewert von 100% und ein negativer Vorhersagewert von 94%. Der Goldstandard entspricht der arthroskopischen Einschätzung der Knorpelläsion.

Einzelbefunde finden sich nachfolgend in Tabelle 9.

Tabelle 9: Einzelbefunde Knorpeldefekte glenohumeral



Anzahl der richtig negativen Befunde: 118

Der Entsprechung nach gilt folgende farbliche Zuordnung:

richtig positiv
falsch negativ
falsch positiv

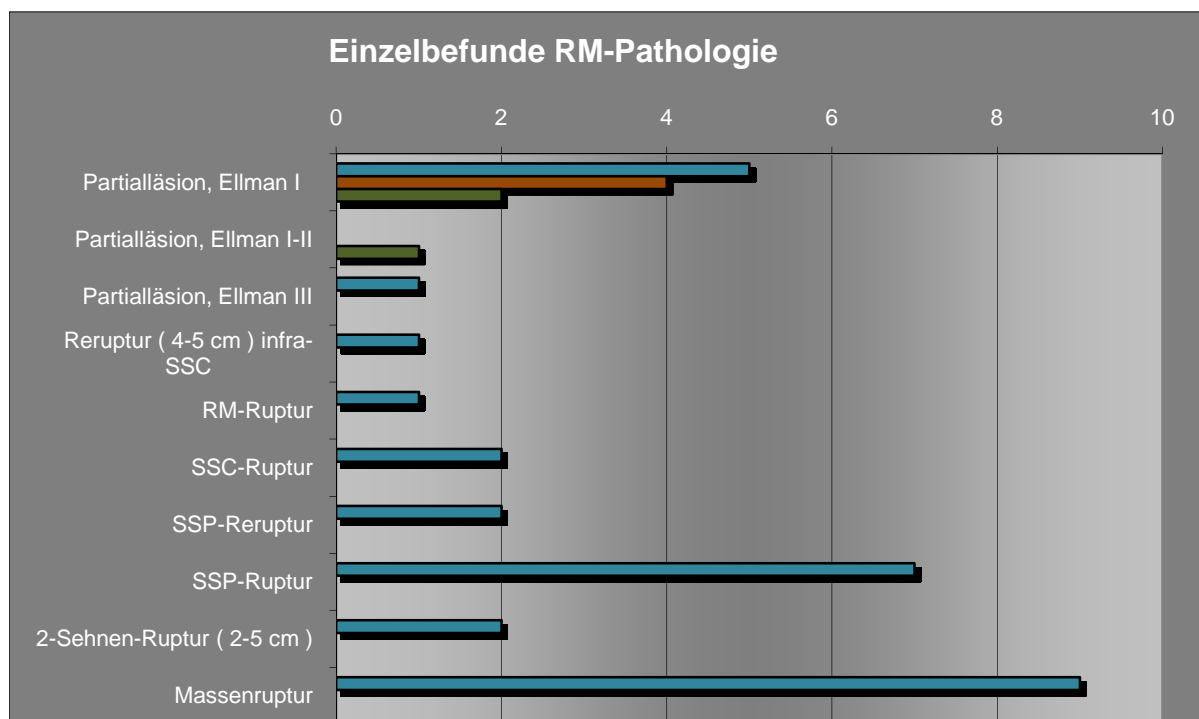
3.2.5 RM-Pathologie

30/37 Rotatorenmanschettenläsionen bestätigten sich intraoperativ (81%).

4/37 Befunde erwiesen sich als falsch negativ (11%) und 3/37 Pathologien als falsch positiv (8%). Daraus ergab sich eine Sensitivität von 88%, eine Spezifität von 97%, eine Treffsicherheit von 94%, einen positiven Vorhersagewert von 91% und einen negativen Vorhersagewert von 96%.

Einzelbefunde bezüglich dieser Pathologie finden sich nachfolgend in Tabelle 10.

Tabelle 10: Einzelbefunde RM-Pathologie



Anzahl der richtig negativen Befunde: 91

Der Entsprechung nach gilt folgende farbliche Zuordnung:

richtig positiv
falsch negativ
falsch positiv

3.2.5.1 Komplette und inkomplette RMR

Es fanden sich insgesamt 24 komplette und 13 inkomplette Läsionen.

Von den 13 inkompletten Läsionen waren 6 richtig positiv (*Partiälläsion Ellman I* (5/11), *Partiälläsion Ellman III* (1/1)). 4/13 Läsionen wurden als falsch negativ bewertet (*Partiälläsion Ellman I* (4/11)) und 3/13 Befunde waren falsch positiv (*Partiälläsion Ellman I* (2/11), *Partiälläsion Ellman I-II* (1/1)). Die Auswertung der richtig negativen Befunde ergab einen Wert von 116.

Die kompletten Rotatorenmanschettenrupturen bestätigten sich zu 100% intraoperativ (richtig positiv 24/24, falsch negativ 0/24, falsch positiv 0/24, richtig negativ 105).

Daraus ergab sich für die inkompletten Rupturen eine Sensitivität von 60%, eine Spezifität von 97%, eine Treffsicherheit von 95%, ein positiver Vorhersagewert von 67% und ein negativer Vorhersagewert von 97%. Für die kompletten Rupturen ergab sich für die Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, den positiven und negativen Vorhersagewert jeweils 100% (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Sensitivität, Spezifität, Treffsicherheit, positiver und negativer Vorhersagewert der inkompletten und kompletten RMR

	Sensitivität	Spezifität	Trefferquote	pos. Vorhersagewert	neg. Vorhersagewert
RMR-inkomplett	60	97	95	67	97
RMR-komplett	100	100	100	100	100

3.3 Therapeutischer Impact der MRT

43/54 Patienten (79%) zeigten eine operative Bestätigung der klinischen Verdachtsdiagnose (das primär operativ angelegte Vorgehen wurde bestätigt).
Siehe Tabelle 12 (S.19-21) und Tabelle 16 (S.26).

Tabelle 12: Einfluss der MRT – MR hat Procedure nicht beeinflusst: klinische Diagnose bestätigt

<u>Einfluss der MRT</u>		
MR hat Procedure nicht beeinflusst : klinische Diagnose bestätigt		
<u>Klinische Verdachtsdiagnose</u>	<u>MRT-Befund</u>	<u>intraoperativer Befund</u>
SAS	Partiälläsion, Ellman I	Partiälläsion, Ellman I
SAS	Bursitis; Partiälläsion, Ellman I	Bursitis
SSP- Partialdefekt	Bursitis; Partiälläsion, Ellman I	Bursitis; Partiälläsion, Ellman I
SSP- Partialruptur	Synovialitis	Intervallläsion; Synovialitis
Partialdefekt SSP	GLAD-Läsion; Partiälläsion, Ellman I-II; SSP-Ruptur, inkomplett; Synovialitis	GLAD-Läsion; Knorpelglatze Humeruskopf; Knorpelläsion Grad IV; Synovialitis
RM- Partialdefekt	Bursitis	Bursitis; GLAD-Läsion
Partiälläsion, LBS-Tendinitis	Bicepssehne, Auffaserung ; RM-Ruptur; SSP-Ruptur	Bicepssehne, Auffaserung ; RM-Ruptur; SSP-Ruptur
SSP-Ruptur	Massenruptur	Massenruptur
Intervallläsion, SSP-Läsion	SSP-Ruptur	Kleiner Einriss der Bicepssehne; SSP- Ruptur
Intervallläsion	Intervallläsion; SSC-Ruptur	Intervallläsion; SSC-Ruptur

SSC-Ruptur	SSP-Ruptur	Knorpelläsion Grad IV; SSP-Ruptur
SSC-Läsion	Intervallläsion; Partiailläsion, Ellman I; SSC-Ruptur	Intervallläsion; Partiailläsion, Ellman I; SSC-Ruptur
RM-Ruptur	Bicepssehne, Auffaserung; SSP-Ruptur	Bicepssehne, Auffaserung; SSP-Ruptur
RM-Ruptur	2-Sehnen-Ruptur (2-5 cm)	2-Sehnen-Ruptur (2-5 cm)
RM-Läsion	Partiailläsion, Ellman I; Tendinitis	Partiailläsion, Ellman I; Tendinitis
RM-Läsion	Bicepssehne, Ruptur; Pseudarthrose	Bicepssehne, Ruptur; Partiailläsion, Ellman I; Pseudarthrose
RM-Läsion	Bankart, knöcherner; Hill-Sachs	Bankart, knöcherner; Hill-Sachs; Intervallläsion
Posttraumatische RM-Läsion	Pseudarthrose; Massenruptur	Pseudarthrose; Massenruptur
RM-Massenruptur (Latissimus dorsi)	Massenruptur; Synovialitis	Knorpelläsion Grad IV; Massenruptur; Synovialitis
RM-Massenruptur	Bicepssehne, Ruptur; Coracoidales Impingement; 2-Sehnen-Ruptur (2-5 cm)	Bicepssehne, Ruptur; Coracoidales Impingement; Knöcherner Schuppe; 2-Sehnen-Ruptur (2-5 cm)
Massenruptur, Luxation, RM-Ruptur	Acromionfraktur; Bicepssehne, Ruptur; Fraktur des Proc. Coracoideus; Knorpelläsion; Massenruptur	Acromionfraktur; Bicepssehne, Ruptur; Fraktur des Proc. Coracoideus; Knorpelläsion; Massenruptur
Massendefekt	Arthrose; Massenruptur	Arthrose; Massenruptur
Defektarthropathie, Massenruptur	Knorpelläsion; Massenruptur; Synovialitis	Knorpelläsion; Massenruptur; Synovialitis
Massenruptur	Bicepssehne, Ruptur; Massenruptur; Synovialitis	Bicepssehne, Ruptur; Massenruptur; Synovialitis
Defektarthropathie	Ermüdungsbruch des Coracoids; Massenruptur	Ermüdungsbruch des Coracoids; Massenruptur
Reruptur	-	SLAP I; Synovialitis
Reruptur	SSP-Reruptur	SSP-Reruptur
Reruptur	Reruptur (4-5 cm) infra-SSC; Tendinitis	Reruptur (4-5 cm) infra-SSC; Tendinitis

Reruptur	Massenruptur	Massenruptur
Instabilität	Bankart, ligamentäre; Hill-Sachs	Bankart, ligamentäre
Instabilität	Bankart, knöcherne; Hill-Sachs	Bankart, knöcherne
Instabilität	Kapsuloperiostale Ablösung	Kapsuloperiostale Ablösung
Instabilität	Reverse Hill-Sachs; Weite Gelenktasche dorsal	Reverse Hill-Sachs; Weite Gelenktasche dorsal
Chronisch rezidivierende Instabilität	Bankart, ligamentäre; Hill-Sachs	Bankart, ligamentäre; Hill-Sachs; Knorpelläsion Grad II
Multidirektionale Instabilität	Glenoid abgeflacht; Weite Gelenktasche axillär	Glenoid abgeflacht; Weite Gelenktasche axillär
Bankart-Läsion	Bankart, knöcherne; SLAP III	Bankart, knöcherne; SLAP III
Labrumläsion anterior inferior	Kleiner knöcherner Chip; GLAD-Läsion	Kleiner knöcherner Chip; GLAD-Läsion
Labrumläsion	GLAD-Läsion; Reverse Hill-Sachs	GLAD-Läsion; Reverse Hill-Sachs
Luxation	Bankart, knöcherne; Freier Gelenkkörper; Hill-Sachs	Bankart, knöcherne; Freier Gelenkkörper; Hill-Sachs
Omarthrose	Bicepssehne, Ruptur; Knorpelläsion Grad III-IV; SSP-Ruptur	Bicepssehne, Ruptur; Knorpelläsion Grad III-IV; SSP-Ruptur
Ganglion	Ganglion	Ganglion; SLAP II

Bei 8/54 Patienten (15%) wurde ausschließlich aufgrund der MR-Diagnostik die Indikation zur Operation gestellt (siehe Tabelle 13, S.23 und Tabelle 16, S.26). Ein Patient ließ aufgrund der klinischen Diagnostik eine SSP-Läsion vermuten, diese konnte im MR-Bild nicht nachgewiesen werden, stattdessen wurde eine Synovialitis und Tendinitis der langen Bizepssehne diagnostiziert. Daraufhin erfolgte die Entscheidung zur arthroskopischen Synovektomie glenohumeral.

Ein anderer Patient zeigte in der klinischen Diagnostik eine unauffällige Rotatorenmanschette bei einer Bursitis subacromialis subdeltoidea. Die MR-Diagnostik ergab einen 3.gradigen Partialdefekt nach Ellman artikularseitig, sowie

eine Auffaserung und Tendinitis der langen Bicepssehne. Dies stellte die Indikation zu einer offenen Seit-zu-Seit-Rekonstruktion und Tendonektomie der langen Bicepssehne (siehe Abbildung 1, S.27).

In einem weiteren Fall stellte sich klinisch eine partielle SSP-Ruptur dar, die im MR-Bild als 3cm komplette SSP-Ruptur gesehen wurde, woraufhin eine operative Versorgung stattfand.

Eine weitere klinische Verdachtsdiagnose auf eine nicht eindeutige Reruptur der RM, erwies sich aufgrund der MR-Diagnostik als ausgedehnte Reruptur bei fettiger Degeneration. Es erfolgte die Transposition des M. latissimus dorsi.

Ein anderer Patient zeigte klinisch eine posteriore inferiore unwillkürliche Instabilität, wobei die Frage nach einer Glenoiddysplasie bzw. nach einer Derotation im Humerus nicht beantwortet werden konnte. Die MRT-Untersuchung zeigte eine Ablösung der hinteren unteren labralen Zirkumferenz vom Glenoid, als vermutliche Ursache der posterioren Instabilität, und eine leicht vermehrte Humerusretrotorsion, woraus sich die Indikation zur Operation ergab.

Ein weiterer Fall zeigte klinisch eine gering entzündliche Laborkonstellation mit leicht positivem CRP. Die MR-Diagnostik ergab ein Gelenkempyem mit knöcherner Beteiligung, was die Indikation zu einer frühzeitigen Operation stellte (siehe Abbildung 2, S.27).

Ein anderer Patient, der ein weitgehend unklares klinisches Bild mit persistierender Bewegungseinschränkung aufwies, zeigte im MRT eine Synovialchondromatose bei ausgedehnter Omarthrose. Daraufhin wurde eine Arthroskopie mit Debridement, Knorpelglättung und Teilsynovektomie durchgeführt (siehe Abbildung 3, S.28).

Ein weiterer Patient mit unklarer klinischer Konstellation zeigte aufgrund der MR-Diagnostik eine traumatische Subscapularisruptur mit Luxation der langen Bicepssehne und Teilruptur der selbigen, was in der Sonographie so nicht erkannt wurde (siehe Abbildung 4, S.28).

Tabelle 13: Einfluss der MRT – MR hat Prozedere beeinflusst: Indikation zur OP

<u>Einfluss der MRT</u>		
MR hat Prozedere beeinflusst: Indikation zur OP		
<u>Klinische Verdachtsdiagnose</u>	<u>MRT-Befund</u>	<u>intraoperativer Befund</u>
SSP-Läsion	Synovialitis; Tendinitis	Bicepssehne, Ruptur; Bursitis; Partiailläsion, Ellman I; Synovialitis; Tendinitis
Subacromialer Reizzustand	Bicepssehne, Auffaserung; Partiailläsion, Ellman III; Tendinitis	Bicepssehne, Auffaserung; Partiailläsion, Ellman III; Tendinitis
Partielle SSP-Ruptur	SSP-Ruptur, komplett	SSP-Ruptur, komplett
Reruptur	SSP-Reruptur	SSP-Reruptur
Posteriore, inferiore Instabilität	Posteriore inferiore Ablösung; Weite Gelenktasche dorsal	Partiailläsion, Ellman I; Posteriore inferiore Ablösung; Weite Gelenktasche dorsal
Entzündliche Veränderung	Ostitis; Synovialitis	Ostitis; Synovialitis
Unklar	Freier Gelenkkörper; Knorpelläsion	Freier Gelenkkörper; Knorpelläsion; Knorpelläsion Grad IV; Partiailläsion, Ellman I

Das OP-Management änderte sich aufgrund des MRT-Befundes in 2/54 Fällen (4%) (siehe Tabelle 14, S.24 und Tabelle 16, S.26).

Hierbei handelte es sich in einem Fall um ein Kompressionssyndrom des N.suprascapularis ausgehend von einem Ganglion der Gelenkkapsel, wobei die MRT-Diagnostik zeigen konnte, dass der große Anteil eher dorsal und caudal der Incisura scapula lag und insofern ein dorsaler Zugang gewählt wurde (siehe Abbildung 5, S.29).

Im anderen Fall bestand der Verdacht auf ein Gelenkempyem bei Z.n. Arthroskopie. Hier konnte durch die MRT-Diagnostik gezeigt werden, dass das Gelenk nicht infektiös befallen war, sondern vorwiegend ein Übergreifen einer ausgedehnten Phlegmone der gesamten Schultergelenksweichteilmanschette auf den proximalen Oberarm stattfand. Insofern wurde eine Revision des Oberarmes durchgeführt und auf eine Revision des Gelenkes verzichtet (siehe Abbildung 6, S.29).

Tabelle 14: Einfluss der MRT – MR hat Prozedere beeinflusst: verändertes OP-Management

<u>Einfluss der MRT</u>		
MR hat Prozedere beeinflusst: verändertes OP-Management		
<u>Klinische Verdachtsdiagnose</u>	<u>MRT-Befund</u>	<u>intraoperativer Befund</u>
Partialruptur	Intervallläsion; Partilläsion, Ellman I; Synovialitis	Bicepssehne, Auffaserung; Bursitis; Intervallläsion; Partilläsion, Ellman I; Synovialitis
Intervallläsion	Bicepssehne, Ruptur; Ossikel; SSP-Ruptur	Bicepssehne, Ruptur; Knorpelläsion Grad II-III; Ossikel; SSP-Ruptur
SSP-Partialruptur	Ganglion	Ganglion
Phlegmone	Phlegmone, keine Einschmelzung und Gelenkbeteiligung	Phlegmone, keine Einschmelzung und Gelenkbeteiligung

Bei 1/54 Patienten (2%) wurde infolge der MR-Diagnostik ein konservatives Vorgehen nahegelegt, dennoch wurde eine Operation durchgeführt (siehe Tabelle 15, S.25 und Tabelle 16, S.26). Dabei handelte es sich um einen Fall mit persistierenden Schmerzen nach offener AC-Resektion und Revision. Die MRT-

Diagnostik ergab keinen richtungsweisenden Befund, sie zeigte lediglich einen regelrechten Zustand nach vorderer Acromioplastik bei unauffälliger Darstellung des Schultergelenkes einschließlich der Rotatorenmanschette. Der operative Befund bestätigte dies.

Tabelle 15: Einfluss der MRT – MR hätte konservatives Vorgehen bestätigt, aber OP wurde durchgeführt

<u>Einfluss der MRT</u>		
MR hätte konservatives Vorgehen bestätigt, aber OP wurde durchgeführt		
<u>Klinische Verdachtsdiagnose</u>	<u>MRT-Befund</u>	<u>intraoperativer Befund</u>
SAC, RM-Läsion	Bursitis	Bursitis; Knorpelläsion Grad II
SAS	-	Bursitis

Tabelle 16: Einfluss der MRT auf das therapeutische Procedere

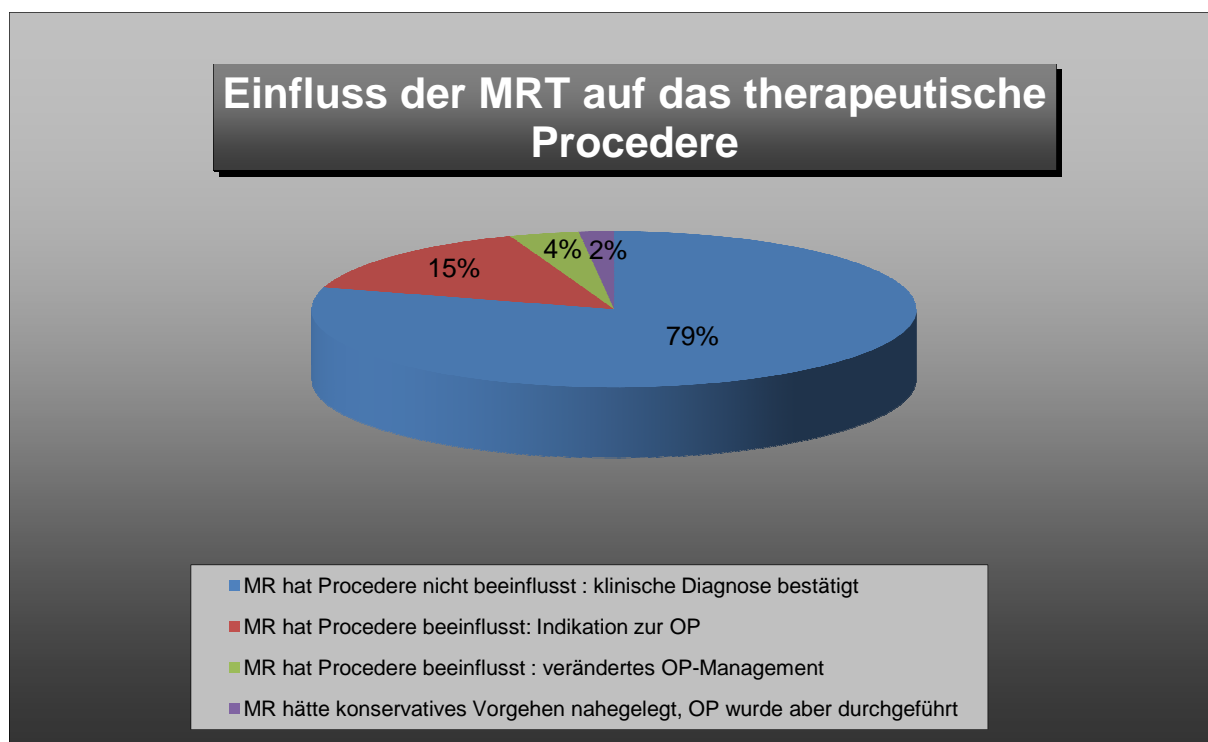
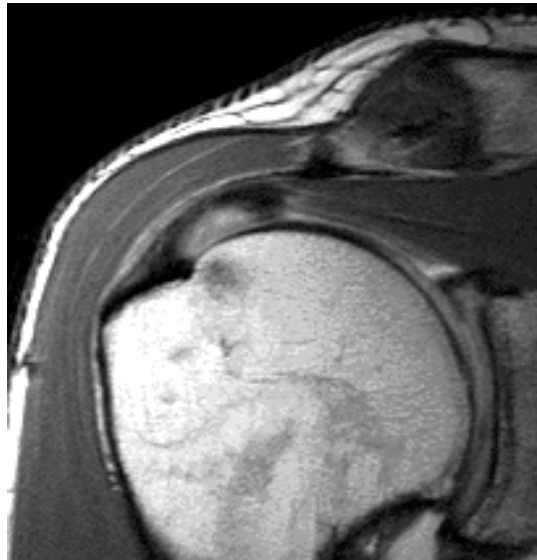


Abbildung 1:

Bursitis subacromialis / deltoidea und gelenkseitiger Partialdefekt Ellman III.

Abbildung 2:

Die T1 gewichtete SE-Sequenz nach i.v.-KM-Gabe (fat-sat) belegt eine ausgedehnte phlegmonöse und abszedierende Entzündung mit Gelenk- und Knochenbeteiligung.

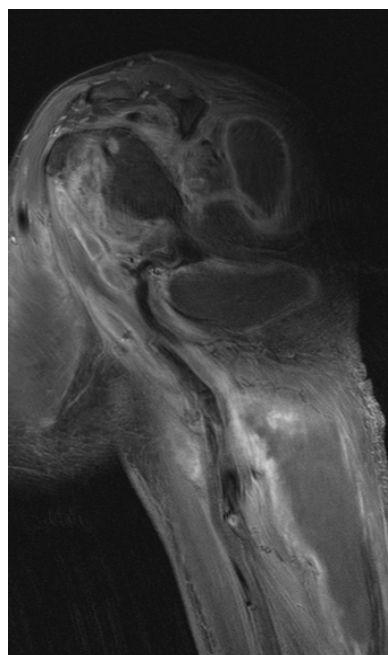
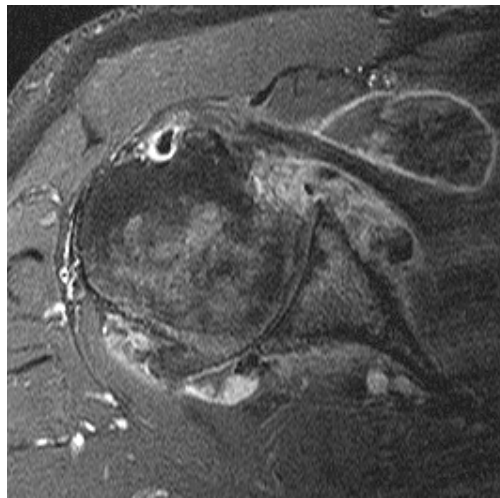


Abbildung 3:

54 jähriger Patient mit deutlicher Bewegungseinschränkung und konventionell radiologisch dokumentierter Omarthrose.

Die T 1-gewichtete SE nach i.v.-KM-Gabe belegt neben IV-gradigen Knorpelläsionen eine erhebliche Synovialitis und Synovialchondromatose als MR-morphologisches Korrelat.

Abbildung 4:

Traumatische SSC Ruptur (gebogener Pfeil) und Luxation der Bicepssehne (gerader Pfeil).

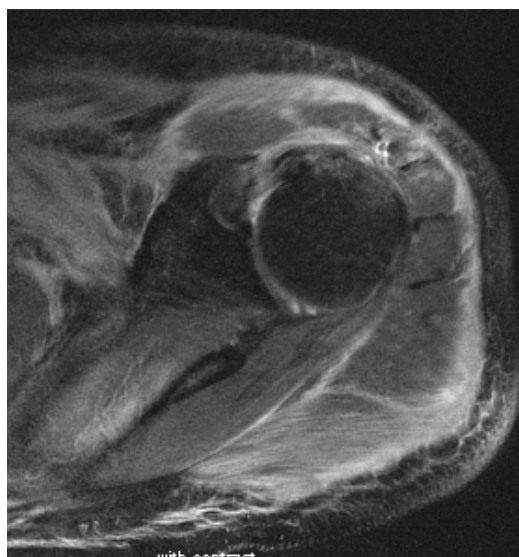


Abbildung 5:

Auffaserung des dorsokraniellen Labrums (gebogener Pfeil) mit Ausbildung einer weit in die Incisura scapulae reichenden Zyste (gerader Pfeil).

Abbildung 6:

Unauffällige Darstellung des Gelenks. Ausgedehnte phlegmonöse Entzündung der periartikulären Weichteile.



4. Diskussion

In vorliegender Arbeit wurde untersucht, inwieweit sich bei konsekutiv 54 Patienten mit vorliegendem arthroskopisch/offen-chirurgischem Vorgehen, bei denen aufgrund klinischer Untersuchungen bzw. vorheriger Diagnostik (im wesentlichen Sonographie und Röntgen) die Indikation zur Durchführung einer MRT gestellt wurde, der MRT-Befund bestätigte. Besonderes Augenmerk wurde auf die Wertigkeit der MRT im Hinblick auf den therapeutischen Impact gelegt.

Diese Arbeit zeigt, dass die MRT-Untersuchungen bei 43/54 Patienten (79%) das primär operativ ausgerichtete Procedere bestätigt haben.

In 8/54 Fällen (15%) wurde ausschließlich aufgrund der MRT-Diagnostik die Indikation zur OP gestellt. Hierbei handelt es sich um klinische Verdachtsdiagnosen der RM-Pathologie (SSP-Ruptur komplett und inkomplett, RM-Reruptur), eine unklare entzündliche Veränderung, welche sich im MRT als Gelenkempyem darstellte, eine Bursitis subacromialis subdeltoidea, die einen 3.gradigen Partialdefekt nach Ellman ergab, eine posteriore inferiore Instabilität, welche eine Ablösung der hinteren unteren labralen Zirkumferenz vom Glenoid und eine leicht vermehrte Humerusretrotorsion zeigte und um zwei Patienten, die ein unklares klinisches Bild aufwiesen. Die MRT-Untersuchung ergab bei einem Patienten eine Synovialchondromatose und im anderen Fall eine traumatische Subscapularisruptur mit Luxation der langen Bicepssehne.

Bei 2/54 Patienten änderte sich durch die MRT das OP-Management (4%).

Hierbei handelt es sich im einen Fall um ein Kompressionssyndrom des Nervus suprascapularis ausgehend von einem Ganglion der Gelenkkapsel, wobei die MRT-Diagnostik zeigen konnte, dass der große Anteil eher dorsal und caudal der Incisura scapula lag und insofern ein dorsaler Zugang gewählt wurde.

Im anderen Fall handelt es sich um einen 52-jährigen Patienten, der bei Z.n. diagnostischer Arthroskopie postoperativ eine Schwellung mit Rötung entwickelte. Laborchemisch zeigte sich eine deutliche Entzündungskonstellation, klinischerseits wurde ein Gelenkempyem vermutet. Die T1-gewichtete SE nach i.v.-KM-Gabe belegt eine ausgedehnte phlegmonöse Entzündung der Weichteile, das Gelenk selber ohne entzündliche Affektion. Deshalb wurde von einer Re-Arthroskopie abgesehen und der Patient antibiotisch behandelt.

Bei 1/54 Patienten (2%) wurde aufgrund des MR-Befundes ein konservatives Vorgehen nahegelegt, es wurde dennoch eine Operation durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen Patienten mit persistierenden Schmerzen nach offener AC-Resektion und Revision. Aus der MRT-Diagnostik ergab sich kein richtungsweisender Befund, was sich intraoperativ bestätigte.

Die Gesamtzahl der Befunde beläuft sich auf 129. 96/129 Befunde (74%) bestätigten sich intraoperativ, davon hauptsächlich Pathologien der Rotatorenmanschette, der Bicepssehne sowie reaktiv entzündliche Veränderungen (z.B. Bursitis, Synovialitis).

26/129 Befunden (20%) waren falsch negativ. Dabei handelt es sich um 3 Bicepssehnenrupturen und 2 SLAP-Läsionen, 4 entzündliche Veränderungen (3 Bursitiden und eine Synovialitis), 13 Pathologien des Glenohumeralen Gelenkkomplexes (eine GLAD-Läsion, 2 Intervallläsionen, 9 Knorpelläsionen und eine reverse Bankart) und 4 inkomplette Rotatorenmanschettenläsionen.

7/129 Befunden (5%) erwiesen sich als falsch positiv. Dabei handelt es sich um 4 glenohumerale Pathologien (2 Hill-Sachs-Läsionen, eine reverse Hill-Sachs und eine weite dorsale Gelenktasche) und 3 RM-Partiellläsionen.

4.1 AC-Komplex / Coracoidale Pathologien

Vergleicht man die Ergebnisse der MRT mit dem operativen Goldstandard, ergibt sich eine 100%ige Übereinstimmung der MRT-Befunde bezüglich der Gruppe *AC-Komplex/Coracoidale Pathologien*.

Es ist bekannt, dass sich das Verfahren der MRT, wie in der Literatur beschrieben, zur Diagnostik von Krankheitsbildern des Acromioclavicular-Gelenkkomplexes bewährt hat ^[1,49]. WALTON ET AL. (2004) untersuchten, welche klinischen und bildgebenden Verfahren sich am geeignetsten in der Diagnostik der AC-Pathologien erwiesen. Die MRT erzielte hier eine hohe Sensitivität von 85%, jedoch eine geringe Spezifität. Die zuverlässigsten Ergebnisse erbrachte die Kombination eines positiven Paxinos-Tests und eines positiven Bone Scans ^[60].

Die MRT ist zwar zur Darstellung der AC-Gelenksstrukturen geeignet, da die parasagittale Schichtführung die akromiale Morphologie besser wieder gibt als der Outlet View ^[40], ist dennoch nicht das Diagnostikum der ersten Wahl.

AC-Arthrosen stellen sich im MRT dar, wobei die Durchführung nicht notwendig ist, um die Diagnose zu stellen ^[62]. Im MR-Bild zeigen sich bezüglich der AC-Arthrose dieselben Veränderungen, die auch im Röntgenbild zu sehen sind, wie z.B. Zystenbildung, Sklerose, Auftreibung etc. Durch die Anfertigung einer MRT kann die KM-Aufnahme des Gelenkspaltes als Nachweis eines akuten Aktivitätszeichens dienen, wobei die Differenzierung einer aktivierten Arthrose von einer schleichenden AC-Arthritis schwierig sein kann ^[62].

Erkrankungen des AC-Gelenks sind häufig primär asymptomatisch ^[52] und korrelieren nicht unbedingt mit den klinischen Beschwerden. Sie werden oft erst sekundär, z.B. nach Rotatorenmanschettenrekonstruktionen, symptomatisch ^[62]. Ein Os acromiale ist selten alleinige Ursache für Schulterschmerzen ^[7]. So kann dies z.B. ursächlich für ein Impingement der Rotatorenmanschette sein ^[39]. Am einfachsten lässt sich die Diagnostik über die axiale Röntgenaufnahme und Profilansichten des Acromions durchführen ^[13,2]. Die MRT kann ein Os acromiale in nahezu jeder Ebene

abbilden und eng in Verbindung stehende Pathologien, wie Osteophyten, Tendinitiden oder Sehnenrisse aufzeigen. Am Zuverlässigsten gelingt die Identifizierung in Ergänzung einer axialen Sequenz, das Acromion beinhaltend. Es ist zwar möglich, in sagittalen und koronalen Schichtführungen acromiale Defekte zu erkennen, es besteht jedoch die Gefahr, diese zu übersehen oder als nicht erkrankt zu missinterpretieren^[39]. Für die Diagnosestellung sind sowohl MRT, CT^[17,47,39] als auch die Sonographie^[6] geeignet, da sie eine überlagerungsfreie Abbildung ermöglichen. Am Einfachsten kann die Diagnose anhand der axialen Röntgenaufnahme gestellt werden^[7].

Die MRT erweist sich bezüglich dieses Krankheitskomplexes zwar als geeignetes Diagnostikum, erscheint jedoch unter dem Aspekt, dass ein mobiles Os acromiale nicht im MR zu sehen ist, der Ultraschalldiagnostik unterlegen.

4.2 Bicepssehnenpathologie und SLAP-Läsionen

In der Gruppe *Bicepssehnenpathologie und SLAP-Läsionen* bestätigten sich 14/19 Befunde (74%), 5/19 Fälle (26%) wurden falsch negativ gesehen. Daraus ergab sich eine Sensitivität von 74%, eine Spezifität von 100% und eine Trefferquote von 96%.

Die klinischen Zeichen der SLAP-Läsion sind ebenso wie ihre Darstellung mittels bildgebender Verfahren oft unspezifisch^[62]. In der Literatur werden der Slide-Test nach KIBLER (1995)^[27], der Test nach O'BRIEN (1998)^[37] und der „Crank“-Test^[31] (Sensitivität 91%, Spezifität 93%) mit einer hohen Spezifität beschrieben. PANDYA ET AL. (2008) stellten fest, dass sowohl MRT als auch MR-Arthrographie eine geringere Sensitivität aufweisen, als die in ihrer Studie durchgeführten klinischen Tests. Für die MRT erzielten sie eine Sensitivität von 53% und für die MR-Arthrographie eine Sensitivität von 50%^[38]. Andere Autoren wiederum stellen fest, dass die klinisch durchgeführten funktionellen Tests weder sensitiv noch spezifisch sind^[10]. Die Rolle der MRT/MR-Arthrographie wurde bzgl. der Diagnostik von SLAP-Läsionen in

verschiedenen Studien als aussagekräftig und präoperativ hilfreich beschrieben [34,10,54]. CARTLAND ET AL. (1992) kontrollierten in ihrer Studie mittels MRT diagnostizierte SLAP-Läsionen mit den zugehörigen intraoperativen Befunden und stellten eine weitgehende Übereinstimmung fest, es kam jedoch aufgrund der geringen Fallzahl nicht zu einer statistischen Auswertung [10]. TUNG ET AL. (2000) erzielten in ihrer Arbeit für 41 arthroskopisch bestätigte SLAP-Läsionen für die MRT eine Sensitivität von 90%, eine Spezifität von 63% und eine Trefferquote von 80% [57]. In einer Arbeit von MAGEE (2009) stellte sich in einem Vergleich der MRT mit der MR-Arthrographie, u.a. anhand von 7 arthroskopisch bestätigten SLAP-Läsionen heraus, dass die MR-Arthrographie statistisch signifikant bessere Ergebnisse für die Sensitivität im Vergleich zur konventionellen MRT ergab. Im Einzelnen waren dies für die Sensitivität und Spezifität der MRT 83% und 99%, für die MR-Arthrographie 98% und 99% [32]. Die Darstellung der SLAP-Läsionen erscheint in der Literatur bezüglich bildgebender Verfahren nur mit Hilfe der MR-Arthrographie hinreichend zu sein [32,57,4,65,23]. In einer Studie von BENCARDINO ET AL. (2000) zeigte sich bei 19 arthroskopisch gesicherten SLAP-Läsionen eine Sensitivität der MR-Arthrographie von 89% bei einer Spezifität von 91% und einer Trefferquote von 90% [4]. JUNG ET AL. (2009) erzielten anhand von 53 operativ bestätigten SLAP-Läsionen ähnliche statistische Werte von 85% Sensitivität und 96% Spezifität für die MR-Arthrographie [24].

In vorliegender Arbeit wurden die SLAP I- und SLAP II-Läsionen in der MRT nicht erkannt (je 1/1), jedoch die SLAP III-Läsion (1/1). Bei SLAP II-Läsionen kann eine Abgrenzung zum physiologisch vorkommenden sublabralen Rezessus schwierig sein [55,64]. Bei der SLAP-Läsion zeigt die Kontrastmitteltasche des sublabralen Rezessus nach lateral und ist unscharf begrenzt, beim sublabralen Rezessus zeigt sie nach medial zum Glenoid und zeigt scharfe Ränder [62]. KREITNER ET AL. (1998) stellten in ihrer Arbeit an Leichenschultern fest, dass die Erkennung des sublabralen Rezessus mit der MR-Arthrographie signifikant bessere Ergebnisse lieferte als die native MRT [29]. SLAP I-Läsionen sind häufig schwer zu diagnostizieren, da sie sich kaum vom physiologischen Erscheinungsbild unterscheiden. Sie sind klinisch jedoch meist nicht relevant [23].

Die Bizepssehnentendinitis ist ein vorwiegend degenerativer Prozess und findet ihre Lokalisation im Bizepssehnenansatz. Spezifischer als der flüssigkeitsgefüllte Saum um die Sehne ist die Verdickung und eine vermehrte KM-Aufnahme der Sehnenhülle. In den axialen und anguliert sagittalen Schichtorientierungen wird vor allem eine Luxation, die im Rahmen einer Ruptur des Lig. transversum oder des M. subscapularis entstanden ist, deutlich ^[45]. Isolierte Veränderungen der langen Bizepssehne werden oft erst durch die Arthroskopie eindeutig erkennbar. Die Einschätzung der primären Bizepstendinitis ist problembehaftet, da praktisch alle Läsionen der Intervallzone auch die klinischen Zeichen einer Bizepssehnenbeteiligung positiv werden lassen ^[20]. In vorliegender Arbeit wurden 4/4 Tendinitiden richtig positiv gesehen. Tendinopathien und Rupturen der Bizepssehne sind im MRT oft schwer zu diagnostizieren ^[66]. Um eine treffsichere Diagnose stellen zu können, sollte nach ZANETTI ET AL. (1998) die Bizepssehne im Bizepssehnenansatz nicht nur auf axial gefertigten Bildern beurteilt werden, sondern auch auf parasagittalen Aufnahmen ^[66]. Rupturen der Bizepssehne sind oft mit Pathologien der Rotatorenmanschette und/oder chronischem Impingement verbunden, gelegentlich treten auch traumatisch bedingte Rupturen auf. Die MRT/MR-Arthrographie stellt bei schwierigen Fragestellungen ein hilfreiches Diagnostikum zur Beurteilung der Sehne dar ^[26]. Nach KHANNA ET AL. (2000) ist die MR-Arthrographie in den meisten Fällen zur Diagnostik nicht unbedingt notwendig, bietet jedoch eine bessere Darstellung der Sehne und des Bizeps-Labrum Komplexes ^[26]. In einer Arbeit von PROBYN ET AL. (2007) erzielte die MR-Arthrographie für 23 operativ bestätigte Rupturen der Bizepssehne statistische Werte von 85,7% Sensitivität, 100% Spezifität und 95,7% Trefferquote ^[43]. Zum Vergleich erhielten BEALL ET AL. (2003) für die MRT bei 23 arthroskopisch/operativ bestätigten Rupturen der Bizepssehne (partiell und komplett) Werte von 52% Sensitivität, 86% Spezifität und 79% Trefferquote ^[3]. In vorliegender Arbeit wurden 9/12 Rupturen (Auffaserung, komplette Ruptur, kleiner Einriss) richtig positiv erkannt. Bei den im MRT nicht erkannten Pathologien handelt es sich um vorwiegend diskrete Befunde bei einer Sehnenbeteiligung von weniger als einem Drittel.

4.3 Entzündlich reaktive Veränderungen

Bezüglich der Gruppe reaktiv *entzündliche Veränderungen* bestätigten sich 14/18 (78%) Befunde, 4/18 (22%) erwiesen sich als falsch negativ. Es ergibt sich eine Sensitivität von 91%, eine Spezifität von 100% und eine Trefferquote von 99%.

In der Regel stellt die Abgrenzung zwischen primär und reaktiv entzündlichen Erkrankungen in Kenntnis der klinischen Konstellation kein Problem dar. Die primär reaktive Synovialitis ist ein häufiger Befund und lässt sich nach Gabe eines Kontrastmittels und anschließender Durchführung einer MRT gut darstellen.

In vorliegender Arbeit bestätigten sich 8/9 Synovialitiden arthroskopisch.

Der Vorteil der MRT gegenüber anderen Verfahren besteht in der Beurteilung der Krankheitsaktivität und stellt somit das einzige Diagnostikum dar, das Synovialflüssigkeit und entzündetes synoviales Gewebe (Pannus) differenzieren kann ^[50].

Im Fall der Bursitis wurden nur 4/7 Läsionen richtig positiv gesehen. Die Literatur hingegen beschreibt das Verfahren der MRT bezüglich Bursitiden als zuverlässig und geeignet für die Planung des therapeutischen Procederes ^[53,51]. Die Bursa subacromialis/deltoidea ist normalerweise nicht abgrenzbar, wohingegen das peribursale Fett sichtbar ist. Die Dicke steht in direktem Zusammenhang mit dem Ausmaß des subkutanen Fettgewebes ^[33]. Zeichen einer bursalen Pathologie sind die Obliteration des peribursalen Fettstreifens ^[21] mit und ohne Verbreiterung der bursalen Grenzschicht, eine Ergussbildung in der Bursa und die KM-Aufnahme.

Die physiologische Ausdehnung der Bursa liegt bei 1mm bis maximal 2mm, weshalb ein pathologischer Befund erst ab einer Größe von mind. 2mm als solcher gewertet werden kann. Die Diagnostik einer pathologischen Veränderung der Bursa wird zum Einen durch ihre geringe physiologische Größe erschwert. Zum Anderen bedingt diese Tatsache, dass die Interpretation einer erkrankten Bursa stark vom Untersucher abhängt und sich somit eine hohe Interobserver Variabilität ergibt, was zu falsch negativen Ergebnissen führen kann.

4.4 Glenohumeraler Gelenkkomplex

Die Auswertung der Pathologien des *Glenohumeralen Gelenkkomplexes* zeigte in 31/48 Fällen (65%) eine intraoperative Bestätigung der klinischen Diagnose. 13/48 Befunden erwiesen sich als falsch negativ (27%) und 4/48 Befunden stellten sich falsch positiv dar (8%). Daraus ergab sich eine Sensitivität von 70%, eine Spezifität von 95% und eine Trefferquote von 87%.

Bezüglich labro-ligamentärer Läsionen bei akuten und chronischen Instabilitäten bestätigten sich 21/30 Befunde (70%). 5/30 Fälle (17%) erwiesen sich als falsch negativ und 4/30 Diagnosen (13%) wurden falsch positiv gesehen. Daraus ergab sich eine Sensitivität von 81%, eine Spezifität von 96% und eine Trefferquote von 93%.

Das Vorhandensein einer Hill-Sachs-Läsion oder einer knöchernen Bankartläsion kann durch einen Röntgenstatus mit verschiedenen Projektionen geklärt werden. Als ergänzendes Diagnostikum spielt die CT aufgrund der überlegenen ossären Darstellung eine wichtige Rolle, die MRT jedoch bietet den Vorteil der besseren Darstellung des Labrums, des kapsuloligamentären Bandapparates und der Rotatorenmanschette ^[11,48]. Die direkte MR-Arthrographie ist die Methode der Wahl, da sie durch eine gute Füllung des Gelenkraumes genaue Informationen über die Ausweitung des kapsuloligamentären Komplexes gibt, was für die optimale Planung der operativen Behandlung von Bedeutung ist ^[62]. Die MR-Arthrographie zeigt zwar zuverlässig die Anatomie sowie verschiedene Varianten, die sorgfältige klinische Untersuchung zeigt jedoch in der Literatur vergleichbare statistische Werte bezüglich der Spezifität und sogar bessere Werte für die Sensitivität. So erzielten LIU ET AL. (1996) in ihrer Studie für die MRT/MR-Arthrographie bezüglich Labrumläsionen eine Sensitivität von 59% und eine Spezifität von 85%, für die klinischen Untersuchungen hingegen eine Sensitivität von 90% und eine Spezifität von 85% ^[30]. IMHOFF UND HODLER (1992) erhielten in ihrer Arbeit bezüglich Sensitivität, Spezifität und Trefferquote Werte von 69%, 100% und 87%. Sie kamen deshalb zu dem Schluss, dass für die Beurteilung von pathologischen Labrumveränderungen die Arthroskopie

die Methode der Wahl darstellt. Sie beschrieben weiterhin, dass im Hinblick auf Hill-Sachs- und Bankart-Läsionen im MRT vor allem kleine und knorpelige Humeruskopfdefekte nicht gefunden werden konnten ^[22]. WORKMANN ET AL. (1992) hingegen erzielten für die MRT-Diagnostik von Hill-Sachs-Läsionen Werte von 97% Sensitivität, 91% Spezifität und 94% Trefferquote ^[63]. In vorliegender Arbeit wurden alle Bankart-Läsionen (knöchern und ligamentär) richtig positiv erkannt, hingegen 3/5 Hill-Sachs-Läsionen richtig positiv und 2/5 falsch positiv. Die klassische Bankart-Läsion lässt sich durch die MRT mit hoher Sicherheit diagnostizieren ^[11,48]. Die Abgrenzung zur Bankart-ähnlichen GLAD-Läsion z.B. ist schwierig, jedoch klinisch von geringer Bedeutung. Häufiger ist der Befund der weiten kapsuloperiostalen Gelenktasche bei der chronisch rezidivierenden atraumatischen anterioren Instabilität, welcher ebenso wenig ein diagnostisches Problem darstellt wie die knöcherne Bankart-Läsion oder der Hill-Sachs-Defekt, wobei ein kleiner knöcherner Chip unter Umständen schwer zu erkennen ist ^[62].

Eine niedrige Sensitivität von 36% ergab sich bei den Knorpelläsionen. Immerhin wurden zwei Drittel der Knorpeldefekte nicht erkannt. Dabei handelt es sich zum Teil auch um 4.gradige Läsionen. 4/11 MR-Befunde (36%) wurden intraoperativ bestätigt, 7/11 (64%) erwiesen sich als falsch negativ. Daraus konnte eine Spezifität von 100% und eine Trefferquote von 95% ermittelt werden.

Zur Darstellung früher Veränderungen hyalinen Knorpels sind Höhenmessungen mittels MRT nicht geeignet, da die Dicke des Knorpels sowohl von Gelenk zu Gelenk, als auch innerhalb eines Gelenkes stark variiert ^[9,58]. Die Knorpeldarstellung der Schulter mittels MRT bedarf besonderer Anforderungen, da der Knorpel der Schulter im Vergleich zu anderen Gelenken, wie z.B. dem Kniegelenk, eine wesentlich dünnere Struktur aufweist und die MRT aufgrund der Suszeptibilitätsartefakte des Schulterknorpels/-knochens an ihre Grenzen stoßen lässt. Demnach sind pathologische Veränderungen, insbesondere in kleinem Ausmaß, schwer zu verifizieren.

Degenerative Knorpelveränderungen sind auf glenoidaler Seite meist stärker ausgeprägt als auf der humeralen Seite ^[41,12].

Mit der MRT lassen sich im Rahmen der Diagnostik der Omarthrose Knorpelstatus, Ausmaß und Lokalisation der subchondralen Zysten, Nekroseareale sowie osteophytäre Ausziehungen und Inkongruenzen des Gelenkes überlagerungsfrei darstellen ^[62]. GUNTERN ET AL. (2003) untersuchten in ihrer Studie die Wertigkeit der MR-Arthrographie (Sensitivität, Spezifität, Trefferquote und Interobserver-Variabilität) für glenohumerale Knorpelläsionen im Vergleich zum Goldstandard, der Arthroskopie. 15 Patienten zeigten humerale Läsionen und 8 Patienten glenoidale Läsionen. Für die Sensitivität, Spezifität und Trefferquote der humeralen Läsionen erzielten sie für Reader 1 bzw. Reader 2 53% bzw. 100%, 87% bzw. 51% und 77% bzw. 65%. Für die Sensitivität, Spezifität und Trefferquote der glenoidalen Läsionen erzielten sie 75% bzw. 75%, 66% bzw. 63% und 67% bzw. 65% ^[19].

Wie die Ergebnisse belegen, variieren die statistischen Werte untersucherbedingt zum Teil erheblich, woraus zu ersehen ist, dass die MRT in der Diagnostik von Knorpelläsionen noch keine zuverlässigen Ergebnisse liefert bzw. es auf die Erfahrung des Untersuchers ankommt.

4.5 RM-Pathologie

30/37 Läsionen (81%) der *RM-Pathologie* erwiesen sich als richtig positiv, 4/37 (11%) als falsch negativ und 3/37 (8%) als falsch positiv. Daraus ergab sich eine Sensitivität von 88%, eine Spezifität von 97% und eine Trefferquote von 94%.

Bei der Darstellung der Rotatorenmanschette ist die richtige Angulierung entlang des sehnigen Anteils der Supraspinatussehne in koronaler Schichtführung wichtig, um eine vermeintliche Unterbrechung der Sehenkontinuität nicht als komplette Ruptur zu fehlinterpretieren. Eine transversale Schichtführung ist zur Detektion von Rupturen der Subskapularissehne erforderlich, ergänzt durch eine parasagittale Orientierung als dritte Ebene ^[42].

QUINN ET AL. (1995) geben für komplette und inkomplette Rupturen insgesamt, bei einer Fallzahl von n=31, mit einer Sensitivität von 84%, einer Spezifität von 97% und einer Trefferquote von 93% ähnliche Werte an ^[44]. WANG ET AL. (1994) erzielten im Vergleich eine hohe Sensitivität von 100%, eine niedrigere Spezifität von 89% und eine ähnliche Trefferquote von 95%. Sie schlussfolgerten in ihrer Arbeit, dass die MRT hervorragende Ergebnisse bei der Ermittlung von RM-Läsionen liefert ^[61]. BURK ET AL. (1989) treffen in ihrer Studie die Aussage, dass die MRT in der Diagnostik von Rotatorenmanschettenläsionen bezüglich Sensitivität und Spezifität der Arthrographie gleichzusetzen ist und das nichtinvasive Diagnostikum der Wahl bei Patienten mit Verdacht auf RM-Läsion darstellt. Sie erhielten Werte von 92% Sensitivität, 100% Spezifität und 94% Trefferquote ^[8].

Die 24 kompletten RM-Rupturen zeigten eine 100%ige Übereinstimmung der MRT-Befunde mit den operativen Befunden, woraus sich für die Sensitivität, Spezifität und Trefferquote jeweils 100% ergab.

Sicheres Zeichen einer kompletten RM-Ruptur ist die vollständige Kontinuitätsunterbrechung, was vor allem in den T2-gewichteten Sequenzen deutlich wird ^[62]. In der Literatur variieren die Ergebnisse für komplette Rupturen bezüglich der Sensitivität zwischen 81% ^[5] und 100% ^[21] und der Spezifität zwischen 78% ^[5] und 99% ^[44]. Im Allgemeinen wird eine hohe Sensitivität, Spezifität und Trefferquote der MRT bezüglich kompletter RMR beschrieben ^[67,28,35,21,56,59], was auch mit den in dieser Arbeit vorliegenden Werten übereinstimmt. Die Differenzierung eines hochgradigen Partialdefekts von einer sehr kleinen kompletten Ruptur ist unter Umständen nicht exakt möglich, jedoch klinisch nicht relevant ^[25].

6/13 (46%) inkomplette Rupturen wurden richtig positiv erkannt, 4/13 (31%) erwiesen sich als falsch negativ und 3/13 (23%) wurden falsch positiv gesehen. Daraus wurde eine Sensitivität von 60%, eine Spezifität von 97% und eine Trefferquote von 95% ermittelt.

Partialrupturen zeigen sich als kontinuierliche, nicht die ganze Sehnedicke ausmachende Signalerhöhung. Die MRT erzielt im Vergleich zu anderen Verfahren,

wie z.B. der Sonographie, eine höhere Treffsicherheit, v.a. im Hinblick auf die geringere Anzahl falsch positiver Befunde ^[25]. Grad III-Defekte zeigen im Gegensatz zu Grad I- und II-Defekten eine Auftreibung der Sehne, was sich intraoperativ als intralaminäre Auffaserung darstellen kann ^[62].

Im Hinblick auf inkomplette Rupturen finden sich in der Literatur für die Sensitivität Werte zwischen 67% ^[36] und 89% ^[46] und für die Spezifität Werte zwischen 84% ^[46] und 89% ^[36]. Diese decken sich mit den Werten der vorliegenden Arbeit, lediglich die Sensitivität für inkomplette Rupturen liegt mit 60% knapp unter den angegebenen Werten.

In vorliegender Arbeit bestätigten sich bezüglich der Partialläsionen 5/11 *Ellman I*-Läsionen und 1/1 *Ellman III*-Läsionen. Die *Ellman I-II*-Läsion wurde ausschließlich falsch positiv gesehen (1/1), ebenso 2/11 *Ellman I*-Läsionen. Falsch negativ waren 4/11 *Ellman I*-Läsionen. WALDT ET AL. (2007) untersuchten, inwieweit sich die MR-Arthrographie bezüglich kompletter RMR und artikularseitiger Partialrupturen als Diagnostikum eignet. Eine Kontrolle erfolgte über die Arthroskopie. Für Partialrupturen erzielten sie Werte von 80% Sensitivität, 97% Spezifität und 95% Trefferquote. Sie stellten fest, dass falsch negative und falsch positive Ergebnisse hauptsächlich bezüglich artikularseitiger Partialrupturen auftraten, v.a. bei kleinen Defekten wie der *Ellman I*-Läsion (35/45) ^[59].

Die MRT stellt im Bezug auf komplette Rupturen ein kompaktes und treffsicheres Diagnostikum dar ^[16]. Auch kleine komplette Rupturen werden sehr sensitiv und spezifisch erfasst ^[15]. Ein Vergleich mit der Literatur im Hinblick auf Partialrupturen ist jedoch wenig aussagekräftig, da die Fallzahlen im Allgemeinen gering sind ^[14]. Im Vergleich zur Sonographie, die bezüglich kompletter Rupturen eine vergleichbare Treffsicherheit erzielt, kann im MRT das Ausmaß von Retraktion, Atrophie, sowie das Glenohumeralgelenk besser beurteilt werden und direkte therapeutische Konsequenzen bezüglich arthroskopischem/offen chirurgischem Vorgehen abgeleitet werden ^[62].

Die MR-Arthrographie ist bezüglich der Darstellung von Partialläsionen zwar allgemein akzeptiert, stößt jedoch im Hinblick auf *Ellman I*-Läsionen, aufgrund der Schwierigkeiten in der Differenzierung von Faserrissen, Tendinitiden, synovialen

Veränderungen und oberflächlicher Auffaserung am Sehnenrand, an ihre Grenzen [59].

4.6 Therapeutischer Impact der MRT

Während die Wertigkeit der MRT für einzelne Entitäten, wie z.B. RM-Pathologie, kapsulo-labrale Ablösungen, Knorpelläsionen etc., in vielen Studien untersucht wurde, existieren keine Arbeiten darüber, inwieweit die MRT das im Setting einer spezialisierten Schultersprechstunde von der MRT-Untersuchung anvisierte therapeutische Procedere beeinflusst hat. Lediglich LIU ET AL. (1996) stellten bezüglich Labrumläsionen in einem ähnlichen Setting fest, dass die MRT das Procedere nicht wesentlich beeinflusste, sondern dass die klinischen Untersuchungen der MRT sogar teilweise überlegen waren. Anhand von 54 Patienten, die aufgrund klinischer Untersuchungen eine Labrumläsion vermuten ließen, stellten sie einen Vergleich zu deren kernspintomographischen Befunden an und kontrollierten diese mit den Ergebnissen der Arthroskopie. Sie stellten fest, dass sich in 76% der Fälle eine Labrumläsion arthroskopisch bestätigte, wobei sich für die MRT eine Sensitivität von 59% und eine Spezifität von 85% ergab. Die klinischen Untersuchungen erzielten eine Sensitivität von 90% und eine Spezifität von 85%, was zu dem Schluss führte, dass sich im Hinblick auf die Diagnostik von Labrumläsionen durch die klinischen Untersuchungen eine präzisere Vorhersage treffen lässt als durch die MRT [30]. GREEN ET AL. (1994) kontrollierten in einer Studie, ebenfalls anhand von Labrumläsionen, die präoperativen MRT-Befunde mit den intraoperativen. Sie stellten fest, dass die MRT in lediglich 7 von 33 Fällen (21%) zur präoperativen Planung beitragen konnte und bei Patienten mit eindeutiger Instabilität keine chirurgische Planungshilfe darstellt. Sie erzielten für die Sensitivität 75%, für die Spezifität 100% und für die Trefferquote 79% [18].

Bisher gibt es keine Arbeit, die in einem spezialisierten Setting wie dem vorliegenden, den therapeutischen Impact der MRT im Hinblick auf verschiedene Bereiche der Schulterpathologie untersucht hat. Das Ergebnis dieser Arbeit überrascht insofern, dass die MRT einen geringen Einfluss auf das therapeutische Procedere zeigt. Dies mag einerseits auf die teilweise geringen Fallzahlen zurückzuführen sein, andererseits wurde in dieser Arbeit nicht untersucht, inwieweit die MRT Einfluss auf das Therapieprocedere der rein konservativ behandelten Patienten hatte.

In Zeiten einer von ökonomischen Gesichtspunkten dominierten Medizin, wo die Indikation zu einer aufwendigen und kostenintensiven Technik immer restriktiver gehandhabt wird, stellt das Ergebnis der Arbeit einen wichtigen Gesichtspunkt dar. Daraus die relative Entbehrlichkeit der MRT zu folgern, berücksichtigt nicht den Umstand, dass die Patienten in einem von einer jahrzehntelangen Expertise geprägten Know-how einer überregionalen Spezialsprechstunde primär diagnostiziert wurden.

5. Zusammenfassung

Obwohl der klinische Stellenwert der MRT in zahlreichen Studien für verschiedene Entitäten (AC-Komplex, coracoidale Pathologien, Rotatorenmanschette, Pathologien des Kapsel-Band-Apparates und der Bicepssehne sowie primär und reaktiv bedingte entzündliche Veränderungen) belegt ist, überrascht es, dass in der Literatur keine Arbeiten darüber existieren, inwieweit das Ergebnis der MRT-Untersuchung tatsächlich das therapeutische Procedere beeinflusst.

Vorliegende Arbeit untersuchte daher den diagnostischen Impact der MRT im Setting einer hochspezialisierten Schultersprechstunde. In diese Auswertung wurden nur Patienten eingeschlossen, die in der Schultersprechstunde des König-Ludwig Hauses gesehen wurden und bei denen aufgrund der klinischen Untersuchung (inklusive Labordiagnostik) und bis dahin erfolgter Vordiagnostik in Form einer Röntgen- und Ultraschalldiagnostik die Indikation zur Durchführung einer MRT-Untersuchung am Institut für Röntgendiagnostik gestellt wurde. Dabei wurden die Patienten in die vier Gruppen AC-Komplex/coracoidale Pathologien, primär und reaktiv bedingte entzündliche Veränderungen, Pathologien der Bizepssehne, Pathologien des Kapsel-Band-Apparates, sowie Rotatorenmanschettenläsionen kategorisiert.

Es zeigte sich überraschenderweise, dass das Ergebnis der MRT Untersuchung in knapp 80% der Fälle das primär operativ ausgerichtete Procedere nicht verändert hat, in lediglich 15% der Fälle wurde ausschließlich durch die MRT die OP-Indikation gestellt. Bei 4% der Patienten führte die MRT Untersuchung zu einer Veränderung des operativen Zugangs und der OP-Strategie. In 2% der Fälle hat das Ergebnis der MRT ein konservatives Verfahren nahegelegt, es wurde aber trotzdem die Operation durchgeführt. In beiden Fällen konnte kein anderer als der bereits in der MRT-Untersuchung offensichtliche Befund eruiert werden.

In einem zweiten Teil der Arbeit wurde bei den Patienten, bei denen man sich für ein operatives Vorgehen entschied, untersucht, inwieweit die im OP-Befund beschriebenen Gelenkpathologien auch im MRT als pathologisch gewertet wurden.

Bezüglich des acromio-coracoidalen Komplexes bestätigten sich die in der Literatur mehrfach publizierten Ergebnisse mit einer nahezu 100%igen Übereinstimmung. Bezüglich der Veränderungen des kapsuloligamentären Kapselbandkomplexes inklusive der SLAP-Läsionen und der Bizepssehnenpathologien zeigt sich, dass v.a. SLAP-I/II, sowie diskretere Auffaserungen der Bizepssehne dem MR-tomographischen Nachweis entgingen. MR-arthrographisch bestätigte sich die annähernd 100%ige Treffsicherheit bezüglich kapsuloperiostaler Ablösungen, sowie Bankart-Läsionen. Lediglich eine GLAD-Läsion entging dem Nachweis. Deutliche diagnostische Schwierigkeiten offenbarten sich in der Abschätzung von glenohumeralen Knorpeldefekten. Hier wurden 50-75% der III- und/oder IV-gradigen Läsionen nicht erkannt. Dies überrascht insofern, als die örtliche Auflösung des verwendeten MRT-Protokolls bei $0,5\text{mm}^2$ liegt.

Eine gute Übereinstimmung zeigte sich in der Beurteilung von reaktiv synovialitischen Veränderungen mit dem Arthroskopie-/OP-Befund. Lediglich als diskrete Veränderungen beschriebene entgingen dem Nachweis.

Bezüglich der diagnostischen Wertigkeit bei Rotatorenmanschettenläsionen bestätigten sich die in der Literatur zahlreich publizierten Ergebnisse. Alle kompletten Rupturen wurden erkannt, wohingegen 7/13 Partialrupturen nicht beschrieben wurden. Dabei handelte es sich ausschließlich um erst- und zweitgradige Läsionen. Zusammenfassend überrascht das Ergebnis der Arbeit insofern, als dass trotz der von uns bestätigten diagnostischen Treffsicherheit bezüglich der Pathologien, der Einfluss der MRT auf das Procedere eher gering erscheint. Dies ist ein wichtiger Gesichtspunkt in Zeiten einer von ökonomischen Gesichtspunkten dominierten Medizin, wo die Indikation zu einer aufwendigen und kostenintensiven Technik immer restriktiver gehandhabt wird. Daraus die relative Entbehrlichkeit der MRT zu folgern, berücksichtigt nicht den Umstand, dass die Patienten in einem von einer jahrzehntelangen Expertise geprägten Know-how einer überregionalen Spezialsprechstunde primär diagnostiziert wurden.

6. Literaturverzeichnis

1. Alyas, F., Curtis, M., Speed, C., Saifuddin, A. and Connell, D., *MR imaging appearances of acromioclavicular joint dislocation*, Radiographics, 28 (2008), 463-479; quiz 619.
2. Andrews, J. R., Byrd, J. W., Kupferman, S. P. and Angelo, R. L., *The profile view of the acromion*, Clin Orthop Relat Res (1991), 142-146.
3. Beall, D. P., Williamson, E. E., Ly, J. Q., Adkins, M. C., Emery, R. L., et al., *Association of biceps tendon tears with rotator cuff abnormalities: degree of correlation with tears of the anterior and superior portions of the rotator cuff*, AJR Am J Roentgenol, 180 (2003), 633-639.
4. Bencardino, J. T., Beltran, J., Rosenberg, Z. S., Rokito, A., Schmahmann, S., et al., *Superior labrum anterior-posterior lesions: diagnosis with MR arthrography of the shoulder*, Radiology, 214 (2000), 267-271.
5. Blanchard, T. K., Bearcroft, P. W., Constant, C. R., Griffin, D. R. and Dixon, A. K., *Diagnostic and therapeutic impact of MRI and arthrography in the investigation of full-thickness rotator cuff tears*, Eur Radiol, 9 (1999), 638-642.
6. Boehm, T. D., Kenn, W., Matzer, M. and Gohlke, F., *Ultrasonographic appearance of os acromiale*, Ultraschall Med, 24 (2003), 180-183.
7. Böhm, D., Rolf, O., Martetschläger, F. and Gohlke, F., *Diagnostik und Therapie des Os acromiale*, Obere Extremität, 1 (2006), 76-82.
8. Burk, D. L., Jr., Karasick, D., Kurtz, A. B., Mitchell, D. G., Rifkin, M. D., et al., *Rotator cuff tears: prospective comparison of MR imaging with arthrography, sonography, and surgery*, AJR Am J Roentgenol, 153 (1989), 87-92.
9. Calvo, E., Palacios, I., Delgado, E., Sanchez-Pernaute, O., Largo, R., et al., *Histopathological correlation of cartilage swelling detected by magnetic resonance imaging in early experimental osteoarthritis*, Osteoarthritis Cartilage, 12 (2004), 878-886.
10. Cartland, J. P., Crues, J. V., 3rd, Stauffer, A., Nottage, W. and Ryu, R. K., *MR imaging in the evaluation of SLAP injuries of the shoulder: findings in 10 patients*, AJR Am J Roentgenol, 159 (1992), 787-792.
11. Chandnani, V. P., Yeager, T. D., DeBerardino, T., Christensen, K., Gagliardi, J. A., et al., *Glenoid labral tears: prospective evaluation with MRI imaging*, MR

- arthrography, and CT arthrography*, AJR Am J Roentgenol, 161 (1993), 1229-1235.
12. DePalma, A. F., *Biologic aging of the shoulder*, DePalma. Surgery of the shoulder. WB Saunders, Philadelphia, 1983, 208-231.
 13. Edelson, J. G., Zuckerman, J. and Hershkovitz, I., *Os acromiale: anatomy and surgical implications*, J Bone Joint Surg Br, 75 (1993), 551-555.
 14. Evancho, A. M., Stiles, R. G., Fajman, W. A., Flower, S. P., Macha, T., et al., *MR imaging diagnosis of rotator cuff tears*, AJR Am J Roentgenol, 151 (1988), 751-754.
 15. Farin, P., Danner, R. and Jaroma, H., *Sonographie der Rotatorenmanschettenruptur*, Röfo (1990), 153(156): 711-715.
 16. Goldman, A. B., Dines, D. M. and R.F.Warren, *Shoulder arthrography: Technique, diagnosis and clinical correlation*, Little Brown and company, Boston, 1982.
 17. Grasso, A., *[The incidence and role of the os acromiale in the acromiohumeral impingement syndrome]*, Radiol Med, 84 (1992), 567-570.
 18. Green, M. R. and Christensen, K. P., *Magnetic resonance imaging of the glenoid labrum in anterior shoulder instability*, Am J Sports Med, 22 (1994), 493-498.
 19. Guntern, D. V., Pfirrmann, C. W., Schmid, M. R., Zanetti, M., Binkert, C. A., et al., *Articular cartilage lesions of the glenohumeral joint: diagnostic effectiveness of MR arthrography and prevalence in patients with subacromial impingement syndrome*, Radiology, 226 (2003), 165-170.
 20. Hedtmann, A., Batt, M. and Fett, H., *Korrelation zwischen Bizepszeichen, Sonographie und Arthroskopie sowie offener Operation*, Vortrag 44. Jahrestagung der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden, Baden-Baden, 25-28.04.1996 (1996).
 21. Iannotti, J. P., Zlatkin, M. B., Esterhai, J. L., Kressel, H. Y., Dalinka, M. K., et al., *Magnetic resonance imaging of the shoulder. Sensitivity, specificity, and predictive value*, J Bone Joint Surg Am, 73 (1991), 17-29.
 22. Imhoff, A. and Hodler, J., *[Arthroscopy and MRT of the shoulder--a comparative retrospective analysis]*, Z Orthop Ihre Grenzgeb, 130 (1992), 188-196.
 23. Jee, W. H., McCauley, T. R., Katz, L. D., Matheny, J. M., Ruwe, P. A., et al., *Superior labral anterior posterior (SLAP) lesions of the glenoid labrum:*

- reliability and accuracy of MR arthrography for diagnosis*, Radiology, 218 (2001), 127-132.
24. Jung, J. Y., Yoon, Y. C., Choi, S. H., Kwon, J. W., Yoo, J., et al., *Three-dimensional isotropic shoulder MR arthrography: comparison with two-dimensional MR arthrography for the diagnosis of labral lesions at 3.0 T*, Radiology, 250 (2009), 498-505.
 25. Kenn, W., Hufnagel, P., Muller, T., Gohlke, F., Bohm, D., et al., *[Arthrography, ultrasound and MRI in rotator cuff lesions: a comparison of methods in partial lesions and small complete ruptures]*, Rofo, 172 (2000), 260-266.
 26. Khanna, G., Glockner, J. F. and Sundaram, M., *Radiologic case study. Rupture of the long head of the biceps tendon*, Orthopedics, 23 (2000), 792, 879-780.
 27. Kibler, B., *Specificity and sensitivity of the anterior slide test in throwing athletes with superior glenoid labral tears*, Arthroscopy (1995), 296-300.
 28. Kneeland, J. B., Middleton, W. D., Carrera, G. F., Zeuge, R. C., Jesmanowicz, A., et al., *MR imaging of the shoulder: diagnosis of rotator cuff tears*, AJR Am J Roentgenol, 149 (1987), 333-337.
 29. Kreitner, K. F., Botchen, K., Rude, J., Bittinger, F., Krummenauer, F., et al., *Superior labrum and labral-bicipital complex: MR imaging with pathologic-anatomic and histologic correlation*, AJR Am J Roentgenol, 170 (1998), 599-605.
 30. Liu, S. H., Henry, M. H., Nuccion, S., Shapiro, M. S. and Dorey, F., *Diagnosis of glenoid labral tears. A comparison between magnetic resonance imaging and clinical examinations*, Am J Sports Med, 24 (1996), 149-154.
 31. Liu, S. H., Henry, M. H. and Nuccion, S. L., *A prospective evaluation of a new physical examination in predicting glenoid labral tears*, Am J Sports Med, 24 (1996), 721-725.
 32. Magee, T., *3-T MRI of the shoulder: is MR arthrography necessary?*, AJR Am J Roentgenol, 192 (2009), 86-92.
 33. Mitchell, M. J., Causey, G., Berthoty, D. P., Sartoris, D. J. and Resnick, D., *Peribursal fat plane of the shoulder: anatomic study and clinical experience*, Radiology, 168 (1988), 699-704.
 34. Monu, J. U., Pope, T. L., Jr., Chabon, S. J. and Vanarthos, W. J., *MR diagnosis of superior labral anterior posterior (SLAP) injuries of the glenoid labrum: value of routine imaging without intraarticular injection of contrast material*, AJR Am J Roentgenol, 163 (1994), 1425-1429.

35. Morrison, D. S. and Ofstein, R., *The use of magnetic resonance imaging in the diagnosis of rotator cuff tears*, Orthopedics, 13 (1990), 633-637.
36. Nelson, M. C., Leather, G. P., Nirschl, R. P., Pettrone, F. A. and Freedman, M. T., *Evaluation of the painful shoulder. A prospective comparison of magnetic resonance imaging, computerized tomographic arthrography, ultrasonography, and operative findings*, J Bone Joint Surg Am, 73 (1991), 707-716.
37. O'Brien, S. J., Pagnani, M. J., Fealy, S., McGlynn, S. R. and Wilson, J. B., *The active compression test: a new and effective test for diagnosing labral tears and acromioclavicular joint abnormality*, Am J Sports Med, 26 (1998), 610-613.
38. Pandya, N. K., Colton, A., Webner, D., Sennett, B. and Huffman, G. R., *Physical examination and magnetic resonance imaging in the diagnosis of superior labrum anterior-posterior lesions of the shoulder: a sensitivity analysis*, Arthroscopy, 24 (2008), 311-317.
39. Park, J. G., Lee, J. K. and Phelps, C. T., *Os acromiale associated with rotator cuff impingement: MR imaging of the shoulder*, Radiology, 193 (1994), 255-257.
40. Peh, W. C., Farmer, T. H. and Totty, W. G., *Acromial arch shape: assessment with MR imaging*, Radiology, 195 (1995), 501-505.
41. Petersson, C. J., *Degeneration of the gleno-humeral joint. An anatomical study*, Acta Orthop Scand, 54 (1983), 277-283.
42. Pfirrmann, C. W., Zanetti, M., Weishaupt, D., Gerber, C. and Hodler, J., *Subscapularis tendon tears: detection and grading at MR arthrography*, Radiology, 213 (1999), 709-714.
43. Probyn, L. J., White, L. M., Salonen, D. C., Tomlinson, G. and Boynton, E. L., *Recurrent symptoms after shoulder instability repair: direct MR arthrographic assessment--correlation with second-look surgical evaluation*, Radiology, 245 (2007), 814-823.
44. Quinn, S. F., Sheley, R. C., Demlow, T. A. and Szumowski, J., *Rotator cuff tendon tears: evaluation with fat-suppressed MR imaging with arthroscopic correlation in 100 patients*, Radiology, 195 (1995), 497-500.
45. Radke, S., Kenn, W. and Gohlke, F., *[MRI of the shoulder. Degenerative changes and rotator cuff tears]*, Orthopade, 30 (2001), 484-491.

46. Rafii, M., Firooznia, H., Sherman, O., Minkoff, J., Weinreb, J., et al., *Rotator cuff lesions: signal patterns at MR imaging*, Radiology, 177 (1990), 817-823.
47. Sammarco, V. J., *Os acromiale: frequency, anatomy, and clinical implications*, J Bone Joint Surg Am, 82 (2000), 394-400.
48. Sano, H., Kato, Y., Haga, K., Iroi, E. and Tabata, S., *Magnetic resonance arthrography in the assessment of anterior instability of the shoulder: comparison with double-contrast computed tomography arthrography*, J Shoulder Elbow Surg, 5 (1996), 280-285.
49. Schaefer, F. K., Schaefer, P. J., Brossmann, J., Hilgert, R. E., Heller, M., et al., *Experimental and clinical evaluation of acromioclavicular joint structures with new scan orientations in MRI*, Eur Radiol, 16 (2006), 1488-1493.
50. Scutellari, P. N. and Orzincolo, C., *Rheumatoid arthritis: sequences*, Eur J Radiol, 27 Suppl 1 (1998), S31-38.
51. Seeger, L. L., Gold, R. H., Bassett, L. W. and Ellman, H., *Shoulder impingement syndrome: MR findings in 53 shoulders*, AJR Am J Roentgenol, 150 (1988), 343-347.
52. Shaffer, B. S., *Painful conditions of the acromioclavicular joint*, J Am Acad Orthop Surg, 7 (1999), 176-188.
53. Shahabpour, M., Kichouh, M., Laridon, E., Gielen, J. L. and De Mey, J., *The effectiveness of diagnostic imaging methods for the assessment of soft tissue and articular disorders of the shoulder and elbow*, Eur J Radiol, 65 (2008), 194-200.
54. Smith, A. M., McCauley, T. R. and Jokl, P., *SLAP lesions of the glenoid labrum diagnosed with MR imaging*, Skeletal Radiol, 22 (1993), 507-510.
55. Smith, D. K., Chopp, T. M., Aufdemorte, T. B., Witkowski, E. G. and Jones, R. C., *Sublabral recess of the superior glenoid labrum: study of cadavers with conventional nonenhanced MR imaging, MR arthrography, anatomic dissection, and limited histologic examination*, Radiology, 201 (1996), 251-256.
56. Traughber, P. D. and Goodwin, T. E., *Shoulder MRI: arthroscopic correlation with emphasis on partial tears*, J Comput Assist Tomogr, 16 (1992), 129-133.
57. Tung, G. A., Entzian, D., Green, A. and Brody, J. M., *High-field and low-field MR imaging of superior glenoid labral tears and associated tendon injuries*, AJR Am J Roentgenol, 174 (2000), 1107-1114.

58. von Eisenhart-Rothe, R., Graichen, H., Hudelmaier, M., Vogl, T., Sharma, L., et al., *Femorotibial and patellar cartilage loss in patients prior to total knee arthroplasty, heterogeneity, and correlation with alignment of the knee*, Ann Rheum Dis, 65 (2006), 69-73.
59. Waldt, S., Bruegel, M., Mueller, D., Holzapfel, K., Imhoff, A. B., et al., *Rotator cuff tears: assessment with MR arthrography in 275 patients with arthroscopic correlation*, Eur Radiol, 17 (2007), 491-498.
60. Walton, J., Mahajan, S., Paxinos, A., Marshall, J., Bryant, C., et al., *Diagnostic values of tests for acromioclavicular joint pain*, J Bone Joint Surg Am, 86-A (2004), 807-812.
61. Wang, Y. M., Shih, T. T., Jiang, C. C., Su, C. T., Huang, K. M., et al., *Magnetic resonance imaging of rotator cuff lesions*, J Formos Med Assoc, 93 (1994), 234-239.
62. Wirth, C. J., Zichner, L., Gohlke, F. and Hedtmann, A., *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Schulter: Das Standardwerk für Klinik und Praxis* Thieme: Stuttgart; New York, 2002, 137-144; 462; 353-356.
63. Workman, T. L., Burkhard, T. K., Resnick, D., Goff, W. B., 2nd, Balsara, Z. N., et al., *Hill-Sachs lesion: comparison of detection with MR imaging, radiography, and arthroscopy*, Radiology, 185 (1992), 847-852.
64. Wörtler, K., Waldt, S., Burkhart, A., Imhoff, A. B. and Rummeny, M. J., *Normvarianten des oberen Labrum-Bizepssehnen-Komplexes und differentialdiagnostische Kriterien von SLAP-Läsionen in der Magnetresonanztomographie*, Orthopäde, 32 (2003), 595-599.
65. Zanetti, M. and Pfirrmann, C. W., *[Biceps tendon disorders: ultrasound, MR imaging and MR arthrography]*, Radiologe, 44 (2004), 591-596.
66. Zanetti, M., Weishaupt, D., Gerber, C. and Hodler, J., *Tendinopathy and rupture of the tendon of the long head of the biceps brachii muscle: evaluation with MR arthrography*, AJR Am J Roentgenol, 170 (1998), 1557-1561.
67. Zlatkin, M. B., Iannotti, J. P., Roberts, M. C., Esterhai, J. L., Dalinka, M. K., et al., *Rotator cuff tears: diagnostic performance of MR imaging*, Radiology, 172 (1989), 223-229.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Werner Kenn gilt mein herzlicher Dank für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates. Seine Anleitung und überdurchschnittliche Betreuung waren mir bei der Durchführung dieser Arbeit eine sehr große Hilfe.

Bei Herrn Prof. Dr. Hahn möchte ich mich für die freundliche Übernahme des Korreferates bedanken.

Bei PD Dr. T. Meyer bedanke ich mich für die Prüfung im zweiten Fachbereich.

Für die nette Betreuung im König-Ludwig-Haus möchte ich mich ganz herzlich bei Prof. Dr. F. Gohlke bedanken.