Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. V. Bühren

Die Aussagekraft der Magnetresonanztomographie an der Schulter

Retrospektive Analyse von 224 operativ überprüften Patienten

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Jörg G. Salewski

München

2006

Amtierender Dekan:	**Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin**
1. Berichterstatter:	**Prof. Dr. med. Harald Hempfling**
2. Berichterstatter:	**PD Dr. med. Markus Arand**
Tag der Promotion:	**10. Februar 2006**

Widmung

Ich widme meine Doktorarbeit der Frau meines Lebens, Susanna Maria.

Inhaltsverzeichnis

Inhalt	Seitenzahl
Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	8
2. Material und Methoden	13
2.1 Methodik	13
2.2 Diagnostische Methoden	15
2.3 Auswertung	17
2.4 Patientenkollektiv	20
2.5 Weitere Unterteilungen	21
3. Ergebnisse	22
3.1 Allgemeiner Teil	22
3.2 Spezieller Teil	23
3.2.1 Rotatorenmanschette	23
3.2.2 Humeruskopf	25
3.2.3 Schulterpfanne	26
3.2.4 Labrum	27
3.2.5 Bizepssehne	31
3.2.6 Subskapularissehne	33
3.2.7 Ligamenta glenohumeralia	34
3.2.8 Weitere Unterteilungen	36
3.2.9 Therapeutische Konsequenz	48
4. Diskussion	49
4.1 Pathologie der Rotatorenmanschette	49
4.2 Pathologie des Humeruskopfes und der Schulterpfanne	58
4.3 Pathologie des Labrum glenoidale	61

Inhalt	Seitenzahl
4.4 Pathologie der Bizepssehne	67
4.5 Pathologie der Subskapularissehne	68
4.6 Pathologie der Ligamenta glenohumeralia	70
4.7 Weitere Unterteilungen	71
4.8 Therapeutische Konsequenz	72
5. Zusammenfassung	75
6. Tabellarischer Anhang	77
7. Literaturverzeichnis	82
8. Tabellarischer Lebenslauf	101

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	=	Abbildung
BIZ	=	Bizepssehne
CT	=	Computertomographie
DEF	=	Defektareal
DEG	=	verschleißbedingte Veränderung
deg.	=	degenerativ
DTPA	=	Diethylenetriamine pentaacetic acid (engl.) → Gadolinium-DTPA: Radiologisches Kontrastmittel zur intravenösen oder intraartikulären Applikation
FN	=	falsch negativ
FP	=	falsch positiv
Gen.	=	Genauigkeit
i.v.	=	intravenös
IMP	=	Impingement
INF	=	inflammation (engl. Entzündung)
LGH	=	Ligamenta glenohumeralia
LGHI	=	Ligamentum glenohumerale inferius
LGHM	=	Ligamentum glenohumerale medium
LGHS	=	Ligamentum glenohumerale superius
Lig./Ligg.(Mehrzahl)	=	Ligamentum (lat. Band)
M.	=	Musculus (lat. Muskel)
MR/MRT	=	Magnetresonanztomographie
n	=	Fallzahl, Anzahl der Patienten
N.	=	Nervus (lat. Nerv)
NPW	=	Negativer prädiktiver Wert
NSTAR	=	Nicht steroidale Antirheumatika
o.B.	=	ohne Befund

PPW	=	Positiver prädiktiver Wert
Proc.	=	Processus (lat. Fortsatz)
RN	=	richtig negativ
ROT	=	Rotatorenmanschette
RP	=	richtig positiv
RUP	=	Komplettdefekt
Sens.	=	Sensitivität
SLAP	=	superior labral anterior to posterior tear
Spez.	=	Spezifität
Str./Bef.	=	Strukturen je Befund
SUB	=	Musculus subscapularis
UKM	=	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau

1. Einleitung

Herr E. ist ein 55-jähriger Patient, der sich eine traumatische Schulterluxation zugezogen hat. Trotz Physiotherapie und zusätzlicher antiphlogistischer und analgetischer Medikation wird Herr E. mit bleibender Schultersteife und ausgeprägter Schmerzsymptomatik erneut bei seinem Orthopäden vorstellig.
Das konventionelle Röntgen zeigt lediglich einen diskreten Hochstand des Humeruskopfes und subkortiale Sklerosierungszeichen an Humeruskopf und Schulterpfanne. Die Ultraschalluntersuchung ergibt ein umschriebenes echoreiches Areal in der Rotatorenmanschette.
Der behandelnde Arzt veranlasst eine Magnetresonanztomographie, um die persistierende Symptomatik abzuklären.
Dem Bericht des Radiologen zufolge, bestehen folgende Diagnosen:

1. Impingement-Syndrom
2. Komplettruptur des M. supraspinatus mit Atrophie desselben
3. Komplettruptur des M. subscapularis
4. Bankart-Läsion des Labrum glenoidale
5. Humeruskopf-Impression im Sinne einer Hill-Sachs-Delle, ansonsten regelrechte Darstellung der Skelettelemente des Schultergelenks, einschließlich des Knorpels der gelenkbildenden Flächen
6. Regelrechte Darstellung der Bizepssehne

Da mit einer Komplettruptur des M. supraspinatus und des M. subscapularis eine schmerzfreie aktive Bewegung im Schultergelenk nicht mehr möglich ist, und diese Befunde, wie auch die zusätzliche Bankart-Läsion ein operatives Vorgehen anraten, wird Herr E. einen Tag später arthroskopiert.
Der Chirurg findet ein völlig anderes Bild vor. Zwar lässt sich das Impingement-Syndrom bestätigen, es zeigen sich jedoch keine Hinweise auf die Risse in der Rotatorenmanschette und auch keine Labrumläsion. Eine Hill-Sachs-Delle kann nicht gefunden werden. Dagegen besteht eine ausgeprägte Omarthrose der gelenkbildenden Flächen und eine Auffaserung des Bizepssehnenansatzes. Am Sehnenansatz des M. supraspinatus ist lediglich ein degenerativ verändertes Areal mit Kalkeinlagerung im Sinne einer Tendinosis calcarea zu sehen.

Schulterverletzungen nehmen zunehmend einen großen Platz im orthopädischen bzw. chirurgischen Patientengut ein. Nach Kopf- und Rückenschmerzen stellen Schulterschmerzen das dritthäufigste physische Beschwerdebild dar, mit dem der Arzt in der täglichen Praxis konfrontiert wird [12].

Das Schultergelenk unterliegt sowohl bei Arbeit, als auch bei Freizeitaktivitäten einer ständigen Beanspruchung. Durch seine spezielle anatomische Konfiguration, nämlich dem Verhältnis einer kleinen Schulterpfanne zu einem größeren Humeruskopf von 1:4 [117], hat das Schultergelenk zwar den größtmöglichen Bewegungsumfang, allerdings prädisponiert dieser auch zu einer erhöhten Verletzungs- und Verschleißanfälligkeit [6]. Die Schulterluxation ist die häufigste Luxation im Erwachsenenalter, die diverse Begleitverletzungen nach sich ziehen kann.

Durch die, neben der Arbeitsbelastung, zunehmende Beliebtheit von Trendsportarten und sportlichen Freizeitaktivitäten (z.B. Mountainbiking, Skifahren, Snowboarding, Paragliding, Inlineskating), kommt es zu immer mehr Verletzungen, die die obere Extremität betreffen.

Am Anfang jeder Diagnostik stehen eine ausführliche Anamnese und eingehende körperliche Untersuchung. In Zusammenschau mit Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen, gelingt es meist, eine erste Diagnose zu stellen [132]. Aufgabe der bildgebenden Verfahren ist es, die zugrunde liegende Pathologie so exakt wie möglich zu dokumentieren, und eine Entscheidungsgrundlage für das weitere therapeutische/diagnostische Vorgehen zu liefern [40].

Weichteilschäden können mit einfachen Röntgenaufnahmen ohne Kontrastmittel nicht festgestellt werden [133].

Die Ultraschalluntersuchung kann verschiedene Veränderungen seitens des Skeletts, der Rotatorenmanschette, der Bursae und der langen Bizepssehne erkennen [15, 124, 147]. Diverse Untersuchungen haben gezeigt, dass Veränderungen im Bereich der Rotatorenmanschette mit einer hohen Sensitivität und Spezifität erkannt werden können. Allerdings bedarf es eines äußerst erfahrenen Untersuchers, dem die neueste Technik zur Verfügung stehen muss [15, 124, 147]. Durch die Sonographie sind Schädigungen des Labrums oder des Kapsel-Band-Apparates nicht sicher identifizierbar [40, 131].

Diese können auch mittels Computertomographie ohne vorherige intraartikuläre

Applikation eines Kontrastmittels nicht zufrieden stellend beurteilt werden [29, 107, 120]. Obwohl die CT-Arthrographie ein äußerst sensitives und spezifisches Verfahren ist, verliert sie durch die notwendige Gelenkspunktion den Vorteil einer nicht invasiven Untersuchungsmethode. Zusätzlich ist sie, wie die native CT-Untersuchung auch, mit einer nicht unerheblichen Strahlenbelastung für den Patienten behaftet.

Als Alternative bietet sich hier die native Magnetresonanztomographie an. Bei ihren Vorteilen (Nicht-Invasivität, hoher Weichteilgewebskontrast und beliebig wählbare Schnittführung bei fehlender Strahlenbelastung) erreicht sie Werte, die der CT-Arthrographie überlegen sind [11, 21, 38].

Die MRT stellt zweifelsfrei ein beispielloses bildgebendes Verfahren dar. Wie jedoch das Fallbeispiel zeigt, gelingt es ihr häufig nicht, die hohe Aussagekraft, die in Studien ausgewiesen sind [11, 37, 38] im Alltag zu bestätigen.

In Zeiten, in denen die Medizin eine Gratwanderung zwischen Wirtschaftlichkeit, Sparzwang, Patientenwohl und nicht zuletzt Kassen- und Standesvertretungen vollführen muss, sollte eines der teueren bildgebenden Verfahren erneut genau untersucht werden [46].

Betrachtet man die Literatur zu diesem Thema, erscheint der vorliegenden Fall nicht ungewöhnlich. Es wird häufig eine mangelnde Aussagekraft der MRT beklagt [80, 119, 135]. Die radiologische Literatur dagegen berichtet von der MRT als äußerst sensitives und spezifisches Diagnostikum [11, 37, 38].

Wenn man die Studien der Radiologieabteilungen betrachtet, so ist auffällig, dass es sich fast ausschließlich um Studien handelt, bei denen die MRT-Aufnahmen retrospektiv erneut beurteilt wurden. In manchen Fällen fand die erneute Beurteilung sogar unter vorheriger Kenntnis der chirurgischen Diagnose statt [3], oder die Diagnose wurde von mehreren Radiologen in Zusammenarbeit gestellt [1, 25, 88].

Diese Vorgehensweise spiegelt jedoch nicht den Alltag in der Klinik dar, der verstärkt durch Stress und Zeitknappheit oft nicht die Möglichkeit für eine angemessene Sichtung der Bilder bietet.

Der niedergelassene Radiologe hingegen, hat vielleicht die Zeit für eine adäquate Bildbeurteilung, jedoch hat er möglicherweise weniger klinische Erfahrung in der Interpretation von Kernspinbildern. Dies erklärt sich einerseits dadurch, dass die Mehrzahl der derzeitig niedergelassenen Radiologen in ihrer

Klinikzeit kaum mit dieser ja noch jungen Technik in Berührung gekommen sind, andererseits ist der Durchlauf an Patienten in Kliniken und deren angeschlossenen Radiologieabteilungen größer als in der Niederlassung. Die Erfahrung ist ein entscheidender Faktor für eine adäquate Beurteilung der Kernspinbilder [3].

Zugleich bestehen verschiedene Umstände, die zur Möglichkeit einer Fehl- oder Überinterpretation führen:

Dies sind einmal die anatomischen Normvarianten, die eine pathologische Veränderung simulieren können. Des Weiteren können sichere pathologische MRT-Zeichen in einem asymptomatischen Patientengut gefunden werden [34, 64, 77, 89].

Zusätzlich können die technischen Voraussetzungen der MRT selbst eine exakte Auswertung limitieren [14, 32, 51].

Aus der Literatur ergeben sich keine Hinweise darauf, dass ein einheitliches Schema existiert, nach dem bei Anfertigung und Auswertung von MRT-Aufnahmen der Schulter vorgegangen werden soll.

Ein MRT-Befund sollte alle Strukturen von Skelett, Muskel und Kapsel-Band-Apparat benennen, die für die Mechanik und die Stabilität verantwortlich sind [61, 117].

<u>Fragestellung:</u>

Folgenden Fragen soll in der vorliegenden Studie nachgegangen werden:

1. Welche pathomorphologischen Substrate werden mit hoher Sensitivität erkannt, und welche können nicht hinreichend beurteilt werden?

2. Kann die Magnetresonanztomographie eine zuverlässige Aussage hinsichtlich der Stabilität des Schultergelenks treffen?

3. Korreliert die Anzahl der im Befund aufgeführten anatomischen Strukturen mit der Qualität des Untersuchungsergebnisses?

4. Unterscheiden sich die Ergebnisse einer spezialisierten Röntgenabteilung eines Akutkrankenhauses von denen niedergelassener Radiologen?

5. Wie groß ist der Anteil an den Befunden, die eine Sensitivität und Spezifität von 100% aufweisen?

6. Kann ein therapeutisches Vorgehen aufgrund eines MRT-Befundes mit einer großen Sicherheit gerechtfertigt werden?

2. Material und Methode

2.1 Methodik

2.1.1 Studienkonzept

Bei der vorliegenden Arbeit wurde ein retrospektiver Studiencharakter gewählt. In die Datenerhebung gingen die Patientenakte, sowie Operationsbericht und MRT-Befund ein.
Alle Patienten, die sich kernspintomographisch, wie auch arthroskopisch einer Untersuchung unterzogen hatten, fanden Aufnahme in die Studie.
Unterscheidungen fanden hinsichtlich des untersuchenden Radiologen (Murnau oder auswärtig), und der Anzahl der beurteilten anatomischen Strukturen (1-4 Strukturen oder 5-7 Strukturen) statt. Die erhobenen Daten wurden nach der Vierfeldertafel ausgewertet.
Die Strukturen, die durch beide Untersuchungsverfahren beurteilbar und damit vergleichbar sind werden folgend aufgeführt:

<u>Skelettsystem:</u>
1. Akromion
2. Schulterpfanne mit Labrum glenoidale
3. Humeruskopf

<u>Muskeln:</u>
1. M. supraspinatus
2. M. infraspinatus
3. M. subscapularis
4. M. teres minor
5. Lange Bizepssehne

<u>Kapsel-Band-Apparat:</u>
1. Lig. coracohumerale
2. Lig. coracoacromiale
3. Lig. acromioclaviculare
4. Ligg. Glenohumerale (inferius, medium, superius)
5. Bursa subacromialis

2.1.2 Studienaufbau

Wir sichteten die Krankenakten der von Januar 1995 bis Dezember 1998 in Murnau an der Schulter arthroskopierten Patienten. Von ca. 750 Patienten, waren 224 präoperativ einer weiterführenden Diagnostik in Form einer Magnetresonanztomographie (MRT) zugeführt worden, wobei diese in 14 Fällen als indirekte MR-Arthrographie mittels i.v.-Gabe von Gadolinium-DPTA vollzogen wurde.
In knapp der Hälfte aller Fälle (n=104) lag ein Befund eines auswärtigen Radiologen vor, die restlichen 120 Magnetresonanztomographien wurden in Murnau durchgeführt. Von den 224 Befunden konnten 111 zwischen 5 und 7 beurteilte anatomische Strukturen vorweisen, wohingegen die anderen 113 Berichte 4 oder weniger Strukturen nannten.
Diese Verteilungen wurden später bei der Auswertung gesondert berücksichtigt.
Die Daten der Patienten wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Excel® erfasst und statistisch ausgewertet, anschließend mit der gängigen Literatur verglichen.

2.1.3 Studiencharakter

Durch Wahl eines retrospektiven Studiencharakters, ist es möglich, eine große Anzahl von Patienten in die Studie mit aufzunehmen. Die Güte der Aussagekraft einer Studie steigt mit der Anzahl an eingeschlossenen Fällen.

2.1.4 Einschluss- und Ausschlusskriterien

Ausschließlich diejenigen Patienten, die sich beiden Untersuchungen unterzogen, der Arthroskopie und der Magnetresonanztomographie, fanden Eingang in die Untersuchung. Die Personen, bei denen keine MRT, oder diese als direkte MR-Arthrographie mittels intraartikulärer Injektion eines Kontrastmittels durchgeführt wurde, schlossen wir von der Studie aus.

2.2 Diagnostische Methoden

2.2.1 Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie ist das Verfahren, mit dem sowohl Skelettelemente, wie auch Weichteilgewebe in bestmöglicher Auflösung in beliebiger Schnittführung dargestellt werden kann. Für die MRT der Schulter wird zur Signalverstärkung allgemein zusätzlich eine Oberflächenspule auf die Schulterregion aufgesetzt. Die Untersuchung findet in Rückenlage mit vom jeweiligen Untersucher abhängigen verschiedenen Armpositionen statt. Auf die Darstellung der technischen Feinheiten soll hier bewusst verzichtet werden.

2.2.2 Arthroskopie

In der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau wird die Schulterarthroskopie standardisiert in Beach-Chair-Lagerung durchgeführt.
Die Beurteilung hinsichtlich der Pathologie beinhaltet nur die intraartikulär einsehbaren Strukturen, die somit intraoperativ bewertbar sind, und von der Magnetresonanztomographie laut der Literatur identifizierbar sind:

- Rotatorenmanschette (darin sind der M. supraspinatus und der M. infraspinatus zusammengefasst, da diese intraartikulär z.T. nicht unterscheidbar sind)
- Bizepssehne
- Subskapularissehne
- Humeruskopf
- Schulterpfanne
- Labrum glenoidale
- Ligamenta glenohumeralia (inferius, medium und superius)

Eine weitere Differenzierung in verschiedene pathologische Befunde fand wie folgt statt, wobei auch die korrekte Anwendung der gängigen Klassifizierungssysteme, die in Klammern genannt sind, separat überprüft wurde (s. Seite 16):

- **Rotatorenmanschette:**
    - Impingement (Grad I-III nach NEER)
    - Defektareal
    - Ausdünnung
    - Komplettdefekt
- **Bizepssehne:**
    - Entzündung
    - Ausdünnung
    - Ruptur
    - Luxation der Bizepssehne
- **Subskapularissehne:**
    - Entzündung
    - Ausdünnung
    - Komplett- bzw. Teildefekt
- **Humeruskopf:**
    - Humeruskopfimpression (Hill-Sachs-Delle, Schweregrad I-III nach CALANDRA)
    - Knorpel der Gelenkfläche (Schweregrad I-IV nach OUTERBRIDGE)
- **Schulterpfanne:**
    - Knorpel der Gelenkfläche (Schweregrad I-IV nach OUTERBRIDGE)
- **Labrum glenoidale:**
    - SLAP-Läsion (Schweregrad I-IV nach SNYDER, knöcherner Ausriss nach IANNOTTI, V-VII nach MAFFET)
    - Andrews-Läsion
    - Bankart-Läsion (Schweregrad I-IV nach ROWE)
    - Bennet-Läsion
    - Sonstige (beinhaltet alle Veränderungen, die nicht weiter klassifizierbar sind, wie etwa „degeneriert“ oder „aufgebraucht“.

      Die Richtigkeit wurde anhand von Ort, Art und

Ausdehnung des Schadens überprüft)

- **Ligamenta glenohumeralia (inferius, medium und superius):**
  - Vorhanden oder nicht vorhanden

Anmerkung: Der Bereich Rotatorenmanschette **Defektareal** umfasst Pathologien, die in keine andere Kategorie eingeordnet werden konnten, da sie z.B. nur deskriptiven Charakter haben. Teilanrisse und Begriffe wie Tendinitis bzw. Tendinose wurden ebenfalls aufgenommen. Grundlegend war die Kontinuität noch erhalten.

Eine weitere Differenzierung der Pathologie haben wir nicht vorgenommen, sondern lediglich mit „ ja/nein “ bewertet.
MRT-Befunde mit „ Verdacht auf “ wurden als „ja“ gezählt.
Diejenigen Strukturen, welche die MRT-Befunde oder die Operationsberichte nicht nannten, gingen als „ohne Befund “ in die Bewertung ein.

2.3 Auswertung

2.3.1 Datenerhebungsgrundlage: Tabellenkalkulationsprogramm und Auswertung

Wir erfassten die vorgefundenen Pathologien jeweils getrennt voneinander für die Magnetresonanztomographie und die Arthroskopie in einer Excel®-Tabelle.
Eine pathologische Veränderung wurde mit „1“ gekennzeichnet, eine Struktur ohne krankhaften Befund mit „0“. Anschließend wurden die zwei Datenblätter in einer Kreuztabelle gegenübergestellt.
Die Arthroskopie diente als Goldstandard.
Wenn dabei „1“ auf „1“ trifft erhält man ein richtig positives Ergebnis, bei „0“ auf „0“ spricht man von richtig negativ. Bei einem Aufeinandertreffen von „1“ auf „0“ oder von „0“ auf „1“ ergibt sich falsch positiv bzw. falsch negativ.
Diese Ergebnisse addierten wir für die jeweilige Fragestellung, und übertrugen sie in eine Vierfeldertafel.

2.3.2 Auswertungsgrundlage: Vierfeldertafel

Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der Vierfeldertafel (Abb. 1), wobei daraus die Sensitivität, die Spezifität, der positive und negative prädiktive Wert und die Genauigkeit für die Magnetresonanztomographie, und die Prävalenz der jeweiligen vorhandenen Pathologie berechnet wurden.

		+ (krank)	– (nicht krank)
Test-ergebnis	+	richtig + **a**	falsch – **b**
	–	**c** falsch +	**d** richtig –

Abb.1: Vierfeldertafel

2.3.3 Berechnungsgrundlage

Diese Werte erhält man, indem man „richtig positiv “, „falsch positiv“, „richtig negativ“ und „falsch negativ“ Befunde der MRT in vorgegebenen Formeln (Abb. 2) zueinander in Beziehung setzt.

Sensitivität	**Spezifität**	**Positiver prädiktiver Wert**
$\frac{RP}{RP + FN} \cdot 100$	$\frac{RN}{FP + RN} \cdot$	$\frac{RP}{RP + FP} \cdot 100$
Prävalenz	**Genauigkeit**	**Negativer prädiktiver Wert**
$\frac{RP + FN}{RP + RN + FP + FN} \cdot 100$	$\frac{RP + RN}{RP + RN + FP + FN} \cdot 100$	$\frac{RN}{RN + FN} \cdot 100$

RP: richtig - positiv RN: richtig - negativ
FP: falsch - positiv FN: falsch - negativ

Abb. 2: Formeln zur statistischen Berechnung

Die unter 2.3 beschriebene Vorgehensweise ist die am meisten geeignete, mit

der ein Diagnoseverfahren einem definierten Goldstandard gegenübergestellt werden kann, um die Aussagekraft des Diagnoseverfahrens zu überprüfen.

2.3.4 Bedeutung der ermittelten Werte

Unter „richtig positiver“ Beurteilung versteht man einen, mittels der MRT gestellten krankhaften Befund, welcher mittels der Arthroskopie, die der MRT als Goldstandard gegenübergestellt wird, bestätigt werden kann.
Ein „falsch positives“ Ergebnis erhält man hingegen, wenn die betreffende Struktur kernspintomographisch als pathologisch beurteilt wird, es sich arthroskopisch jedoch keine Anzeichen dafür ergeben.
Stellt sich eine Struktur in der MRT als intakt dar, wohingegen die Arthroskopie einen positiven Befund ergibt, so spricht man von einem „falsch negativem“ Ergebnis.
Entsprechend liegen bei einem „richtig negativen“ Ergebnis, weder bei der Magnetresonanztomographie, noch bei der Arthroskopie pathologische Zeichen vor.
Die Sensitivität spiegelt die Wahrscheinlichkeit wieder, mit der eine pathologisch veränderte Struktur durch die Magnetresonanztomographie erkannt wird, d.h. desto höher die Sensitivität ist, um so mehr „richtig positiv“-Ergebnisse wurden erzielt.
Die Spezifität dagegen gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein unauffälliger Befund auch als solcher durch die MRT erkannt wird.
Mit dem positiv prädiktivem Wert wird der prozentuale Anteil aller krankhaften Befunde angegeben, der auch wirklich positiv ist. Sein Wert steigt mit der Anzahl an „richtig positiv“-Diagnosen, und ist somit ein gutes Maß für die Aussagekraft eines Verfahrens. Entgegen dazu liefert uns der negativ prädiktive Wert eine Aussage darüber, wie wahrscheinlich ein negatives Ergebnis sich auch wirklich als solches bestätigt, und liefert uns somit auch eine Aussage über die Effektivität eines Verfahrens.
Die Prävalenz gibt uns die Häufigkeit an, mit der im Patientenkollektiv die jeweilige Struktur krankhaft verändert auftritt.
Abschließend zeigt uns die Genauigkeit an, wie groß der Anteil an richtigen Befunden ist, seien sie nun „richtig positiv“ oder „richtig negativ“.

2.4 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von 1995 bis 1998 unterzogen sich ca. 750 Patienten einer Arthroskopie des Schultergelenks an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau. Bei 224 Personen wurde präoperativ eine Magnetresonanztomographie durchgeführt.

Das Patientenkollektiv umfasst 62 Frauen (17 Jahre - 81 Jahre, Altersmedian 50,4 Jahre) und 162 Männer (21 Jahre - 82 Jahre, Altersmedian 51,2 Jahre) zwischen 17 Jahren und 82 Jahren mit einem Altersmedian von 51,0 Jahren (Abb. 3).

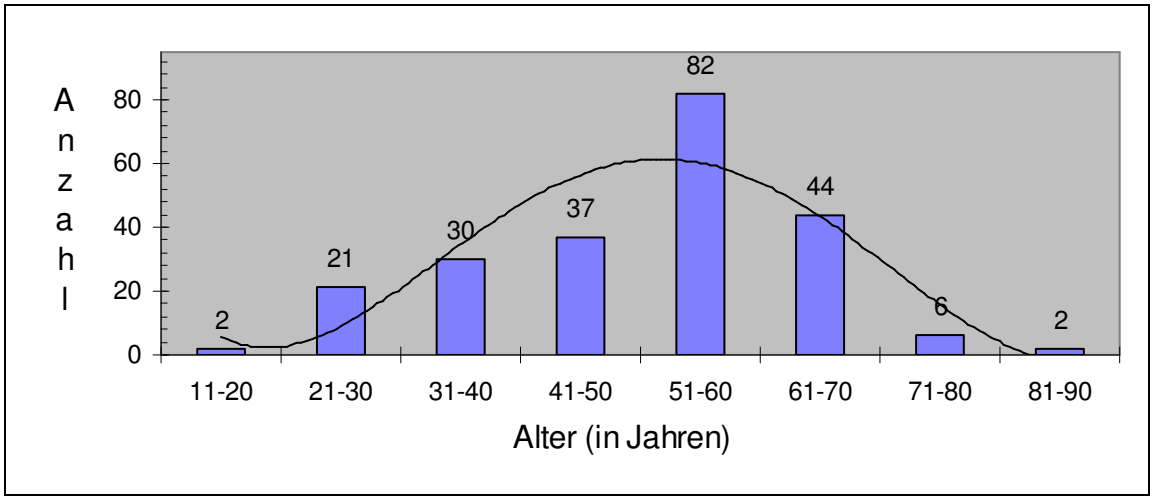


Abb. 3: Altersübersicht mit Normalverteilung

Alle Studienteilnehmer wurden neben den üblichen Aufnahmeuntersuchungen (Anamnese, körperliche Untersuchung, Sonographie des Schultergelenks in den 6 Standardebenen und Anfertigung von Röntgenaufnahmen des Schultergelenks in 2 Ebenen plus einer Outlet-View-Aufnahme) präoperativ einer weiterführenden Diagnostik in Form einer Magnetresonanztomographie (MRT) zugeführt, wobei diese in 14 Fällen als indirekte MR-Arthrographie mittels i.v.-Gabe von Gadolinium-DPTA durchgeführt wurde.

166 Personen der Untersuchten (74,1%) war ein vorausgegangenes traumatisches Ereignis erinnerlich.

In 37 Fällen musste intraoperativ auf ein offenes operatives Verfahren umgestellt werden.

2.5 Weitere Unterteilungen

2.5.1 Gruppe der hausinternen Magnetresonanztomographien (Gruppe Murnau)

120 Patienten erhielten die Magnetresonanztomographie-Untersuchung in der berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau. Zu Vergleichszwecken mit dem Kollektiv der Patienten, die bei auswärtigen Radiologen untersucht wurden, sollen sie später als „Gruppe Murnau“ herangezogen werden.

2.5.2 Gruppe der auswärtigen Magnetresonanztomographien (Gruppe Fremd)

Dies umschreibt die Anzahl an Patienten (n=104), die bei niedergelassenen Radiologen oder in anderen Krankenhäusern als der BG Unfallklinik Murnau kernspintomographisch untersucht wurden. Sie werden später als „Gruppe Fremd“ in die Diskussion eingehen.

2.5.3 Gruppe mit 1-4 befundeten Strukturen (Gruppe 1-4)

In dieser Gruppe befinden sich 114 Patienten. Bei ihnen wurden lediglich 1-4 der maximal 7 anatomischen Strukturen genannt. Sie wird als „Gruppe 1-4“ in der weiteren Arbeit geführt.

2.5.4 Gruppe mit 5-7 befundeten Strukturen (Gruppe 5-7)

Von allen 224 Patienten umfasst die „Gruppe 5-7“ 111 Personen, bei denen mehr als 5 anatomische Strukturen in den Befunden erwähnt sind. Ihre Ergebnisse werden im Folgenden mit denen der „Gruppe 1-4“ verglichen.

Anmerkung: Der Vergleich der oben genannten Untergruppen soll Aufschluss darüber bringen, ob und in wieweit die Anzahl der befundeten anatomischen Strukturen bzw. die Tatsache, dass die Magnetresonanztomographie in einem Akutkrankenhaus oder bei einem niedergelassenen Radiologen erstellt wurde, Einfluss auf die Ergebnisgüte dieses Untersuchungsverfahrens hat.

3. Ergebnisse

3.1 Allgemeiner Teil

Die Sensitivität hatte mit Werten zwischen 10,5% und 84,8% eine erhebliche Schwankungsbreite. Der positive prädiktive Wert (PPW) zeigte mit 28,0% bis 86,7% gute bis mitunter dürftige Ergebnisse.

Durchwegs befriedigende Ergebnisse erbrachte die Magnetresonanztomographie (MRT) hinsichtlich der Spezifität (60,9% bis 99,0%), und bei deren Bewertungsmaßstab, dem negativen prädiktiven Wert (NPW, 47,6% bis 96,9%).

Die Genauigkeit der MRT befand sich mit Werten zwischen 45,5% und 92,9% ebenfalls in einem guten Bereich.

Bei Schädigungen, die mit einer geringeren Prävalenz als 5,0% auftraten, wurde keine statistische Auswertung vorgenommen, da diese Ergebnisse methodisch nicht verwertbar sind.

In diesem Fall werden lediglich die Werte von „richtig positiv“ bis „falsch negativ“ anhand einer Kreuztabelle aufgezeigt.

3.2 Spezieller Teil

3.2.1 Rotatorenmanschette

3.2.1.1 Impingement-Syndrom

Die Sensitivität und der positiv prädiktive Wert geben mit 57,8% bzw. 64,9% nur mittelmäßige Werte ab. Die Spezifität und der negativ prädiktive Wert sind dagegen mit 87,5% bzw. 83,8% als gut einzustufen. Die Genauigkeit beträgt 79,0% (Tabelle 1).

Tabelle 1: Statistisches Ergebnis für Impingement-Syndrom

Rotatorenmanschette: Impingement-Syndrom			
Sensitivität:	57,8 %	Positiv prädiktiver Wert:	64,9 %
Spezifität:	87,5 %	Negativ prädiktiver Wert:	83,8 %
Genauigkeit:	79,0 %	Prävalenz:	28,6 %

Eine statistische Auswertung der weiteren Klassifizierung nach NEER erscheint nicht sinnvoll, da lediglich 12 Befunde diese aufweisen können. Das entspricht bei n = 224 einem Anteil von 5,4%. Davon waren 3 Befunde richtig klassifiziert (16,7%).

3.2.1.2 Defektareal

Hinsichtlich der Erkennung einer Defektzone, liegen alle Werte zwischen 80% und 90% (Tabelle 2), und bewegen sich damit im oberen Bereich.

Tabelle 2: Statistisches Ergebnis für Defektareal

Rotatorenmanschette: Defektareal			
Sensitivität:	82,7 %	Positiv prädiktiver Wert:	81,9 %
Spezifität:	84,2 %	Negativ prädiktiver Wert:	84,9 %
Genauigkeit:	83,5 %	Prävalenz:	46,4 %

3.2.1.3 Verschleißbedingte Ausdünnung

Den Verschleiß der Rotatorenmanschette erkennt die MRT mit einer Zuverlässigkeit von 72,1%. Diesen auszuschließen gelingt ihr in 92,3% der Fälle. Mit einer Genauigkeit von 88,4% sind somit über ¾ aller Befunde richtig (Tabelle 3).

Tabelle 3: Statistisches Ergebnis für verschleißbedingte Ausdünnung

Rotatorenmanschette: Verschleißbedingte Ausdünnung			
Sensitivität:	72,1 %	Positiv prädiktiver Wert:	68,9 %
Spezifität:	92,3 %	Negativ prädiktiver Wert:	93,3 %
Genauigkeit:	88,4 %	Prävalenz:	19,2 %

3.2.1.4 Komplette Kontinuitätsunterbrechung

Die vollständige Unterbrechung der Muskeln oder deren Sehne, die die Rotatorenmanschette bilden, bzw. dessen Ausschluss, erkennt die MRT mit einer Sensitivität von 84,8% und einer Spezifität
von 81,5%, und ist hierbei als gut einzustufen.
Allerdings kommt es bei einem positiv prädiktiven Wert von 54,2% auch zu einem hohen Anteil (fast 50%) an „falsch positiv“-Befunden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Statistisches Ergebnis für Komplettdefekt

Rotatorenmanschette: Komplettdefekt			
Sensitivität:	84,8%	Positiv prädiktiver Wert:	54,2 %
Spezifität:	81,5 %	Negativ prädiktiver Wert:	95,4 %
Genauigkeit:	82,1 %	Prävalenz:	20,5 %

3.2.2 Humeruskopf

3.2.2.1 Hill-Sachs-Delle

Der Ausschluss einer Hill-Sachs-Delle gelingt der MRT mit einer Spezifität und einem NPW mit über 90% recht gut. Die Sensitivität fällt dagegen mit 72,7% deutlich geringer aus, und mit einem positiv prädiktiven Wert von knapp 50% stellt der Anteil an „falsch positiv“-Diagnosen einen äußerst schlechten Wert dar (Tabelle 5).

Tabelle 5: Statistisches Ergebnis für Hill-Sachs-Delle

Humeruskopf: Hill-Sachs-Delle			
Sensitivität:	72.7 %	Positiv prädiktiver Wert:	48,5 %
Spezifität:	91,6 %	Negativ prädiktiver Wert:	96,9 %
Genauigkeit:	89,7 %	Prävalenz:	9,8 %

Eine weitere statistische Auswertung nach CALANDRA ist nicht möglich, da kein einziger Befund diese Klassifizierung aufführt.

3.2.2.2 Knorpelschaden

Die MRT erkennt bei dem vorliegenden Patientengut nur 29 von 55 pathologisch veränderten Knorpelflächen des Humerus und erzielt damit eine Sensitivität von 52,7% bei einer Prävalenz von 24,6%. Erstaunlich ist dabei, dass auch ¼ (10 von 39) aller positiven Diagnosen falsch sind (Tabelle 6). Der Krankheitsausschluss gelingt mit einer Spezifität von 94,1% gut.

Tabelle 6: Statistisches Ergebnis für Knorpel-Humeruskopf

Humeruskopf: Knorpelschaden			
Sensitivität:	52,7 %	Positiv prädiktiver Wert:	74,4 %
Spezifität:	94,1 %	Negativ prädiktiver Wert:	85,9 %
Genauigkeit:	83,9 %	Prävalenz:	24,6 %

Hinsichtlich einer weiteren Klassifikation nach OUTERBRIDGE ist eine weitere Auswertung nicht möglich, da nur 3 von 224 (entspricht 1,3%) Befunden diese Klassifizierung aufführen. Es wird lediglich zwischen nicht reproduzierbaren Begriffen wie „mäßiger“ bzw. „leichter“ oder „massiver“ Knorpelschaden unterschieden. Von den 3 korrekt eingeteilten Befunden war keiner richtig.

3.2.3 Knorpelfläche der Schulterpfanne

Bei Betrachtung der Knorpelschäden an der Schulterpfanne, dem Glenoid, stellt sich ein ähnliches Bild wie beim Knorpelschaden des Humeruskopfes dar. Der Krankheitsnachweis ist mit einer Sensitivität von 46,4% mangelhaft. Dagegen sind 170 der 195 als nicht pathologisch eingestuften Befunde richtig. Dies entspricht einer Spezifität von 97,6% und liegt damit im obersten Bereich (Tabelle 7).

Tabelle 7: Statistisches Ergebnis für Knorpel-Schulterpfanne

Schulterpfanne: Knorpelschaden			
Sensitivität:	46,4 %	Positiv prädiktiver Wert:	86,7 %
Spezifität:	97,6 %	Negativ prädiktiver Wert:	84,5 %
Genauigkeit:	84,8 %	Prävalenz:	25,0 %

Betreffend eine statistische Auswertung der weiterführenden Klassifikation nach OUTERBRIDGE wird diese nur bei 4 Befunden, von denen 3 (75%) richtig sind, aufgeführt. Dies entspricht einem Anteil von 1,8% (bei n = 224).
Wie schon beim Humeruskopf, kommen auch hier lediglich beschreibende Begriffe zur Anwendung, die nicht weiter verwertet werden können

3.2.4 Labrum

Die Ergebnisse für das Erkennen der Labrumpathologie sind äußerst schlecht (Abbildungen 4 u. 5).

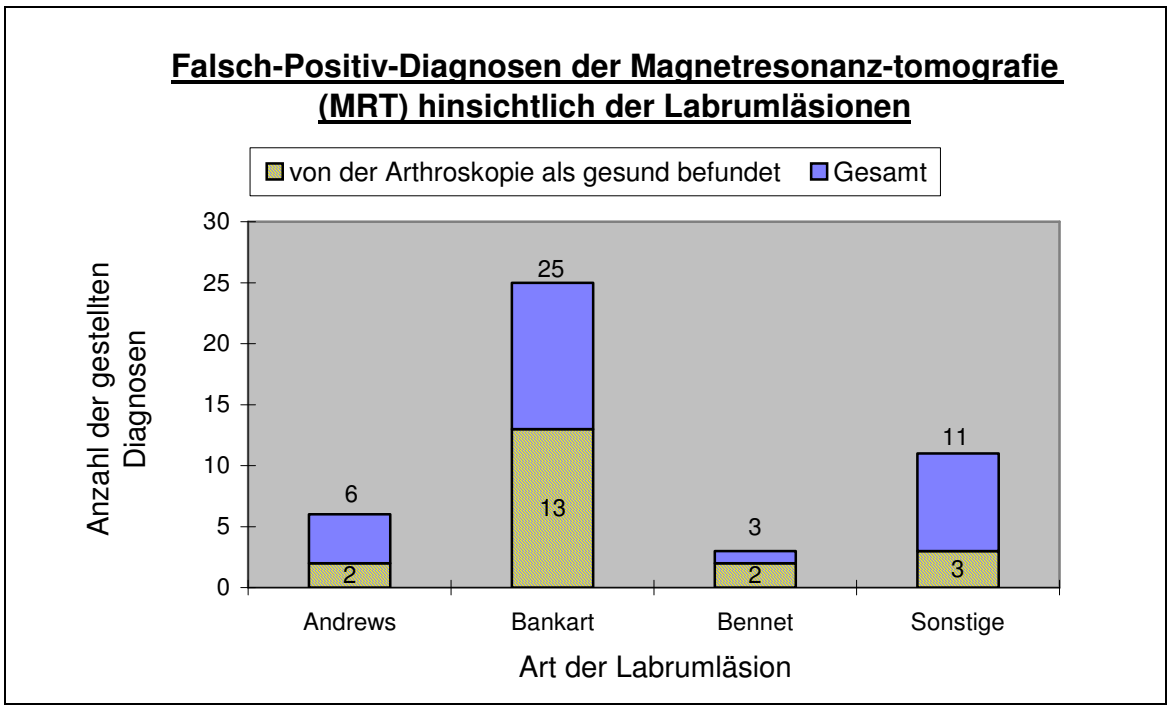


Abb. 4: „falsch positiv"-Diagnosen der MRT, bei Arthroskopie o.B

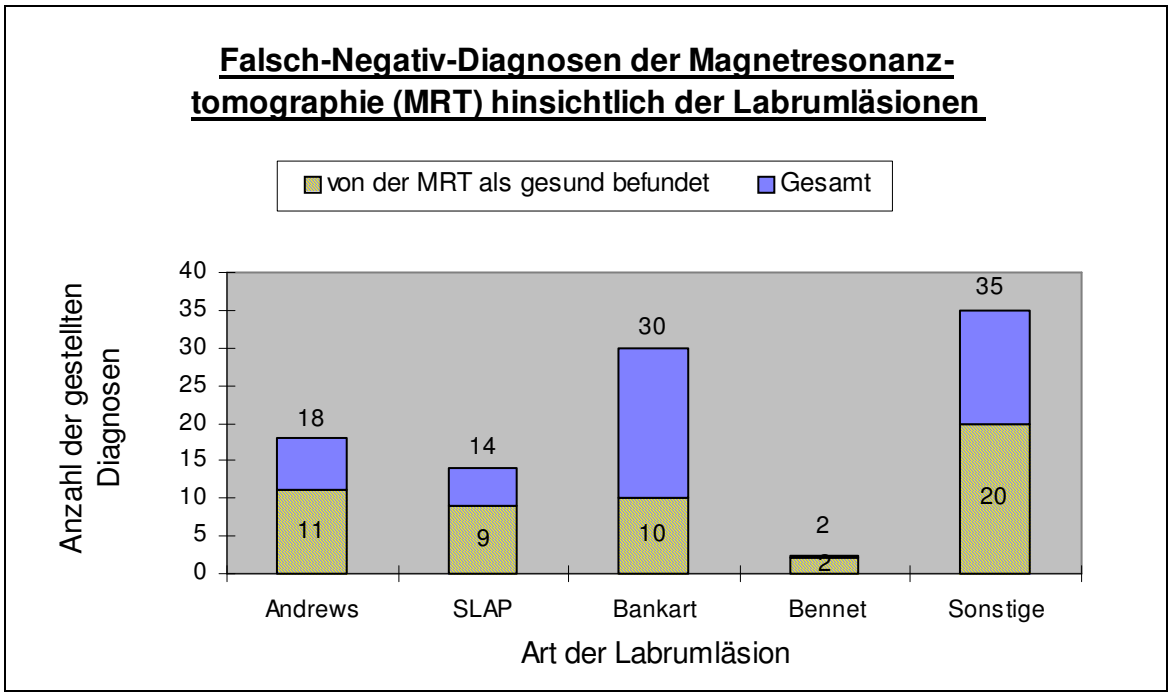


Abb. 5: „falsch negativ"-Diagnosen der MRT, bei Arthroskopie pathologisch

Bei einer Prävalenz von 44,2% und einer Sensitivität von 32,3% werden bei der

MRT 77 Läsionen (Abb. 6) hinsichtlich ihrer Art und Lage betreffend falsch diagnostiziert. Bei 52 von diesen bescheinigt das Kernspin sogar „ohne Befund.

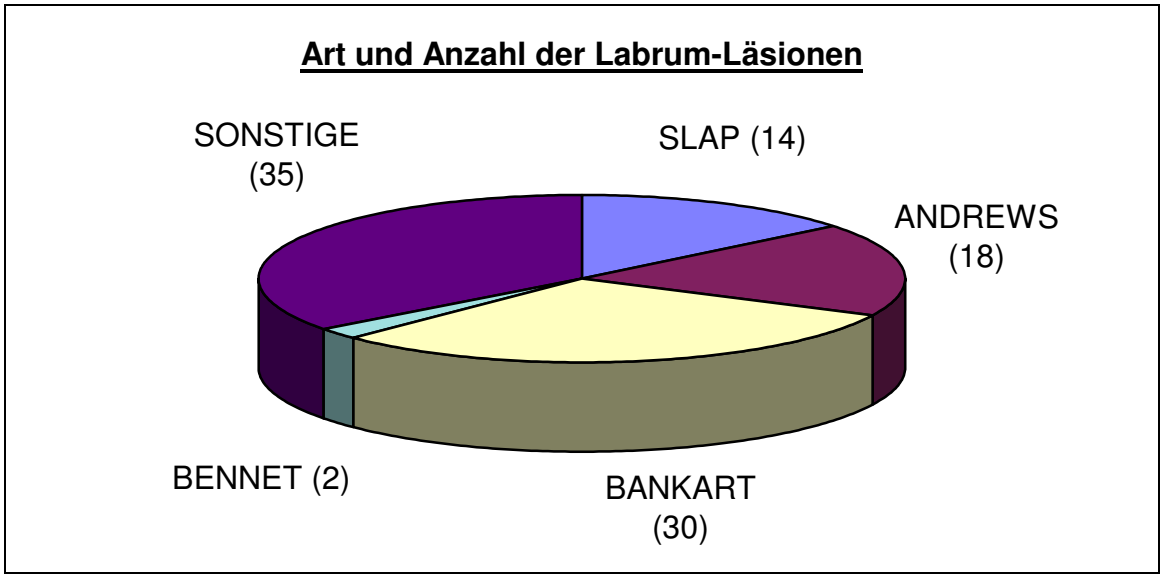


Abb. 6: Labrumläsionen (Gesamt n = 99)

Bei einer Spezifität von 64,0% und einem negativ prädiktiven Wert von 54,4% stellt die MRT 45 „falsch positiv“-Diagnosen, bei denen wiederum 20 vom Operateur ein regelrechtes Labrum beschrieben wird (Tabelle 8).

Tabelle 8: Statistisches Gesamtergebnis für Labrum

Labrum: Gesamtergebnis			
Sensitivität:	32,3 %	Positiv prädiktiver Wert:	41,6 %
Spezifität:	64,0 %	Negativ prädiktiver Wert:	54,4 %
Genauigkeit:	50,0 %	Prävalenz:	44,2 %

3.2.4.1 SLAP-Läsion

Von 14 SLAP-Läsionen erkennt die MRT lediglich 5 und erzielt damit eine Sensitivität von 35,7% (S. 30, Tabelle 9). Bestens gelingt der Krankheitsausschluss mit einer Spezifität von 100,0%.

Allerdings geht diese auf Kosten einer guten Krankheitserkennung, denn die MRT sieht bei 9 von 14 SLAP-Läsionen ein regelrechtes Labrum (entspricht

64,3%).

Eine weitere Stadieneinteilung nach den gängigen Klassifikationen wurde in keinem der Befunde durchgeführt

Tabelle 9: Statistisches Ergebnis für SLAP-Läsion

Labrum: SLAP-Läsion			
Sensitivität:	35,7 %	Positiv prädiktiver Wert:	100 %
Spezifität:	100 %	Negativ prädiktiver Wert:	95,9 %
Genauigkeit:	96,0 %	Prävalenz:	6,3 %

3.2.4.2 Andrews-Läsion

Nur 6 von 18 Andrews-Läsionen werden von der MRT erkannt. Dies entspricht einer Sensitivität von 33,3%. Bei diesen Läsionen stellt sie 11 Mal die Diagnose „ohne Befund“. Durch 6 „falsch positiv“-Diagnosen erzielt sie lediglich einen positiv prädiktiven Wert von 50,0% bei einer Spezifität von 97,1% (Tabelle10).

Tabelle 10: Statistisches Ergebnis für Andrews-Läsion

Labrum: Andrews-Läsion			
Sensitivität:	33,3 %	Positiv prädiktiver Wert:	50,0 %
Spezifität:	97,1 %	Negativ prädiktiver Wert:	94,3 %
Genauigkeit:	92,0 %	Prävalenz:	8,0 %

3.2.4.3 Bankart-Läsion

Die Bankart-Läsion stellt mit einer Prävalenz von 13,4% die häufigste Labrumpathologie dar.

Ihre Erkennung gelingt mit einer Sensitivität von 56,7% nur mittelmäßig (S. 31, Tabelle 11).

Tabelle 11: Statistisches Ergebnis für Bankart-Läsion

Labrum: Bankart-Läsion			
Sensitivität:	56,7 %	Positiv prädiktiver Wert:	40,5 %
Spezifität:	87,1 %	Negativ prädiktiver Wert:	92,9 %
Genauigkeit:	83,0 %	Prävalenz:	13,4 %

Bei einem positiven prädiktiven Wert von 40,5% stellt die MRT 25 „falsch positiv"-Diagnosen, wovon in 13 Fällen ein intaktes Labrum gefunden wurde.
Eine weiterführende Einteilung nach Schweregrad (nach ROWE) wurde in keinem der 224 Befunde durchgeführt. Im Übrigen auch nicht nach JEROSCH (kernspintomographisch) oder BAKER (pathologisch-anatomisch).

3.2.4.4 Bennet-Läsion

Die, sonst auch, seltene Bennet-Läsion kann wegen ihrer niedrigen Prävalenz (0,9%) nicht statistisch verwertet werden.
Beide Läsionen werden nicht von der MRT erkannt. Dagegen stellt sie in 3 Fällen eine Fehldiagnose (Tabelle 12).

Tabelle 12: Vierfeldertafel für Bennet-Läsion

Labrum: Bennet-Läsion		**Arthroskopie**		
		pathologisch	nicht pathologisch	Total
Magnet-resonanz-tomografie	pathologisch	0	3	3
	nicht pathologisch	2	219	221
	Total	2	222	224

3.2.4.5 Sonstige Läsionen

Den schlechtesten Wert erzielt die MRT hinsichtlich der Erkennung eines Labrumschadens, der unter die Kategorie „Sonstige Läsionen" fällt (S. 32, Tabelle 13).

Tabelle 13: Statistisches Ergebnis für sonstige Labrumläsionen

Labrum: Sonstige Läsionen			
Sensitivität:	11,4 %	Positiv prädiktiver Wert:	26,7 %
Spezifität:	94,2 %	Negativ prädiktiver Wert:	85,2 %
Genauigkeit:	81,3 %	Prävalenz:	15,6 %

Hierunter fallen diejenigen Veränderungen, welche nicht unter einen feststehenden Begriff eingeordnet werden können. Sie wurden nach der Art und Lage der vorliegenden Schädigung verglichen. Bei einer Sensitivität von 11,4% und einer Prävalenz von 15,6% erkennt sie diese nur in 4 von 35 vorliegenden Fällen, wobei sie in 20 Fällen überhaupt keine Veränderung des Labrums beschreibt, wie „Labrum intakt“ oder „Labrum regelrecht dargestellt“. Mit 11 „falsch positiv“-Diagnosen ergibt dies einen positiv prädiktiven Wert von 26,7%.

3.2.5 Bizepssehne

3.2.5.1 Entzündung

Enttäuschend präsentieren sich die Ergebnisse für die Erkennung einer Entzündung der Bizepssehne (Tabelle 14).
Mit einer Sensitivität von 50,0% übersieht die MRT über die Hälfte aller vorhandener Entzündungen, und bei einem positiv prädiktiven Wert von nur 28,0% stellt die MRT bei knapp ¾ aller als positiv bewerteten Befunde „falsch positiv“-Diagnosen.

Tabelle 14: Statistisches Ergebnis für Entzündung Bizepssehne

Bizepssehne: Entzündung			
Sensitivität:	50,0 %	Positiv prädiktiver Wert:	28,0 %
Spezifität:	91,4 %	Negativ prädiktiver Wert:	96,5 %
Genauigkeit:	88,8 %	Prävalenz:	6,3 %

3.2.5.2 Verschleißbedingte Ausdünnung

Bei einer Prävalenz von 20,5% und einer Sensitivität von 21,7% werden lediglich 10 von 46 veränderten Bizepssehnen erkannt. Die übrigen Ergebnisse bewegen sich im oberen Bereich (Tabelle 15).

Tabelle 15: Statistisches Ergebnis für Verschleißbedingte Ausdünnung

Bizepssehne: Verschleißbedingte Ausdünnung			
Sensitivität:	21,7 %	Positiv prädiktiver Wert:	76,9 %
Spezifität:	98,3 %	Negativ prädiktiver Wert:	82,9 %
Genauigkeit:	82,6 %	Prävalenz:	20,5 %

3.2.5.3 Ruptur

Ein ähnlich schlechtes Ergebnis erreicht die MRT hinsichtlich einer Ruptur der Bizepssehne.
Von 22 gerissenen Sehnen erkennt sie lediglich 8 und erzielt eine Sensitivität von 36,4%. Dafür liefert die MRT mit 99,0% bei der Spezifität einen sehr guten Wert (Tabelle 16).

Tabelle 16: Statistisches Ergebnis für Ruptur Bizepssehne

Bizepssehne: Ruptur			
Sensitivität:	36,4 %	Positiv prädiktiver Wert:	80,0 %
Spezifität:	99,0 %	Negativ prädiktiver Wert:	93,5 %
Genauigkeit:	92,9 %	Prävalenz:	9,8 %

3.2.5.4 Luxation

Die Luxation der langen Bizepssehne erkennt die MRT in ¾ aller Fälle recht zuverlässig. Sie stellt lediglich eine „falsch positiv“-Diagnose (S.34, Tabelle 17).
Da die Prävalenz lediglich 1,8% beträgt, unterbleibt eine statistische Auswertung.

Tabelle 17: Vierfeldertafel für Luxation Bizepssehne

Bizepssehnesehne: **Luxation**		**Arthroskopie**		
		pathologisch	nicht pathologisch	Total
Magnet-resonanz-tomografie	pathologisch	3	1	4
	nicht pathologisch	1	219	220
	Total	4	220	224

3.2.6 Subskapularissehne

3.2.6.1 Entzündung

Da die Prävalenz für eine Entzündung der Subskapularissehne mit 1,8% unter den geforderten 5,0% liegt, findet keine statistische Auswertung statt.
Die Ergebnisse werden als Kreuztabelle aufgeführt (Tabelle 18).

Tabelle 18 : Vierfeldertafel für Entzündung Subskapularissehne

Subskapularissehne: **Entzündung**		**Arthroskopie**		
		pathologisch	nicht pathologisch	Total
Magnet-resonanz-tomografie	pathologisch	0	4	4
	nicht pathologisch	4	216	220
	Total	4	220	224

3.2.6.2 Verschleißbedingte Ausdünnung

Den schlechtesten Wert überhaupt erzielte die MRT bei einer verschleißbedingten Ausdünnung der Subskapularissehne. Bei einer Sensitivität von 10,5% werden gerade Mal 2 von 19 pathologischen Sehnen erkannt. Der Ausschluss der zu erkennenden Pathologie gelingt allerdings gut (S. 35, Tabelle 19).

Tabelle 19: Statistisches Ergebnis für Ausdünnung Subskapularissehne

Subskapularissehne: Verschleißbedingte Ausdünnung			
Sensitivität:	10,5 %	Positiv prädiktiver Wert:	98,5 %
Spezifität:	40,0 %	Negativ prädiktiver Wert:	92,9 %
Genauigkeit:	91,1 %	Prävalenz:	8,5 %

3.2.6.3 Komplettdefekt

Wenig besser gestalten sich die Ergebnisse hinsichtlich eines Komplettdefekts der Subskapularissehne (Tabelle 20).

Tabelle 20: Statistisches Ergebnis für Komplettdefekt Subskapularissehne

Subskapularissehne: Komplettdefekt			
Sensitivität:	28,6 %	Positiv prädiktiver Wert:	40,0 %
Spezifität:	97,1 %	Negativ prädiktiver Wert:	95,3 %
Genauigkeit:	92,9 %	Prävalenz:	6,3 %

Immerhin werden hier 4 von 14 gerissenen Sehnen identifiziert, was einer Sensitivität von 28,6% entspricht.
Die Werte für Spezifität, negativ prädiktiven Wert und Genauigkeit befinden sich über 90% und bewegen sich damit in einem guten Bereich.

3.2.7 Ligamenta glenohumeralia

3.2.7.1 Ligamentum glenohumerale inferius

Aufgrund einer Prävalenz von 3,6% kann keine zufriedenstellende statistische Auswertung durchgeführt werden.
Die Ergebnisse sind der Kreuztabelle zu entnehmen (S. 36, Tabelle 21).

Tabelle 21: Vierfeldertafel für Ligamentum glenohumerale inferius

Ligamentum glenohumerale inferius		Arthroskopie		
		pathologisch	nicht pathologisch	Total
Magnet-resonanz-tomografie	pathologisch	0	1	1
	nicht pathologisch	8	215	223
	Total	8	216	224

3.2.7.2 Ligamentum glenohumerale medium

Die Ergebnisse werden nur als Kreuztabelle wiedergegeben (Tabelle 22), weil diese Pathologie mit einer Prävalenz von 2,7% die Ausschlusskriterien (siehe 2.3) erfüllt.

Tabelle 22: Vierfeldertafel für Ligamentum glenohumerale medium

Ligamentum glenohumerale medium		Arthroskopie		
		pathologisch	nicht pathologisch	Total
Magnet-resonanz-tomografie	pathologisch	0	3	3
	nicht pathologisch	6	215	221
	Total	6	216	224

3.2.7.3 Ligamentum glenohumerale superius

Mit der niedrigsten Prävalenz der gesamten Studie (1,3%), werden die Ergebnisse für das Ligamentum glenohumerale superius nur tabellarisch gezeigt (Tabelle 23).

Tabelle 23: Vierfeldertafel für Ligamentum glenohumerale superius

Ligamentum glenohumerale superius		Arthroskopie		
		pathologisch	nicht pathologisch	Total
Magnet-resonanz-tomografie	pathologisch	0	1	1
	nicht pathologisch	3	220	223
	Total	3	221	224

3.2.8 Weitere Unterteilungen

3.2.8.1 Verschiedene Untersuchergruppen

Es werden die Ergebnisse der „Gruppe Murnau“ denen der „Gruppe Fremd“ gegenübergestellt, gegliedert nach Rotatorenmanschette, Bizepssehne und gelenkbildende Flächen.
Es werden lediglich die Werte für Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit herangezogen.

3.2.8.1.1 Rotatorenmanschette

Im Vergleich der Sensitivität der Rotatorenmanschette ergibt sich ein uneinheitliches Bild (Abb. 7).

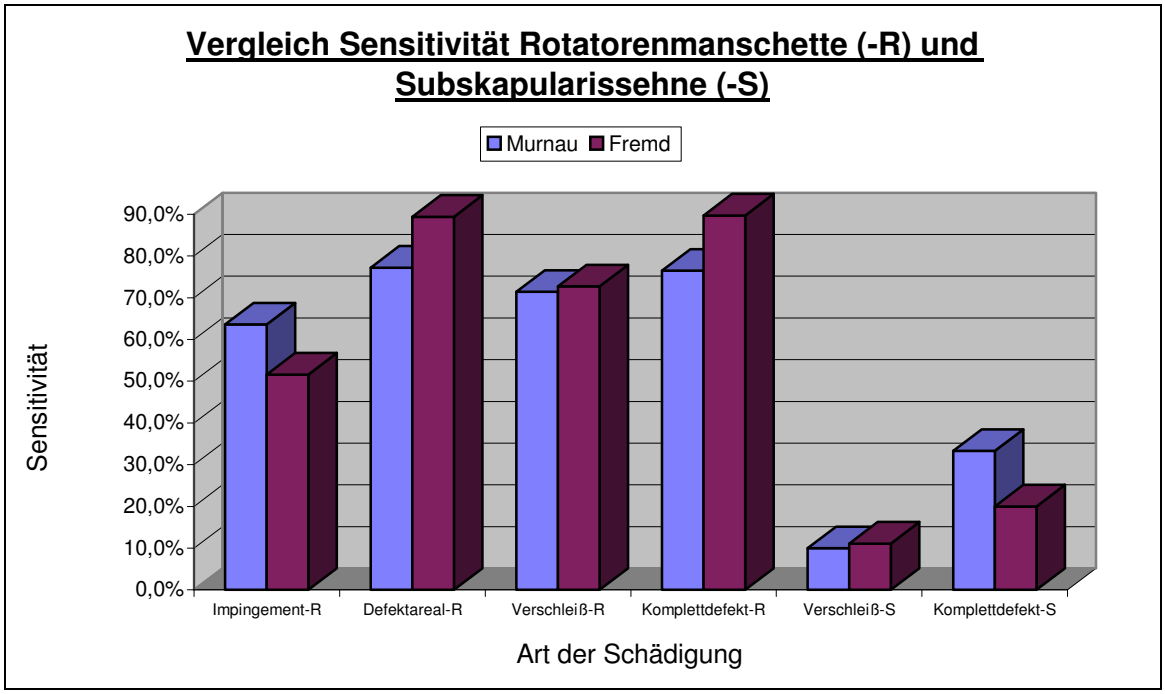


Abb. 7: Vergleich Sensitivität der Rotatorenmanschette

Im Hinblick auf die Sensitivität für Impingement und Komplettdefekt der Subskapularissehne ist die „Gruppe Murnau“ den niedergelassenen Kollegen überlegen. 63,6% gegenüber 51,6% und 33,3% gegenüber 20,0%.
Die „Gruppe Fremd“ übertrifft die Krankenhausärzte bei Komplettdefekt und Defektzone der Rotatorenmanschette deutlich, hinsichtlich verschleißbedingter Ausdünnung und Entzündung nur knapp.

Bei der Spezifität (S. 37, Abb. 8), also dem Krankheitsausschluss, und der Genauigkeit (Abb. 9), dem Gesamtanteil an richtigen Diagnosen, erzielen die auswärtigen Radiologen nur bei der Erkennung bzw. Ausschlusses einer Defektzone die besseren Ergebnisse. Ansonsten unterliegen sie z.T. deutlich der „Gruppe Murnau“.

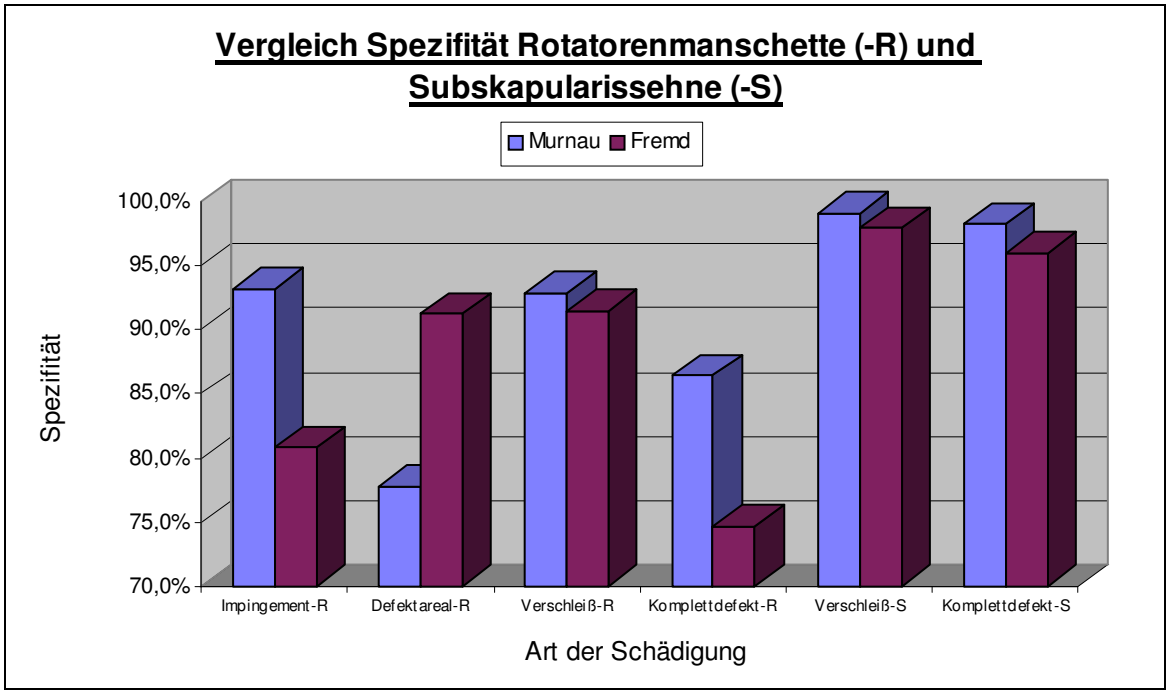


Abb. 8: Vergleich Spezifität Rotatorenmanschette

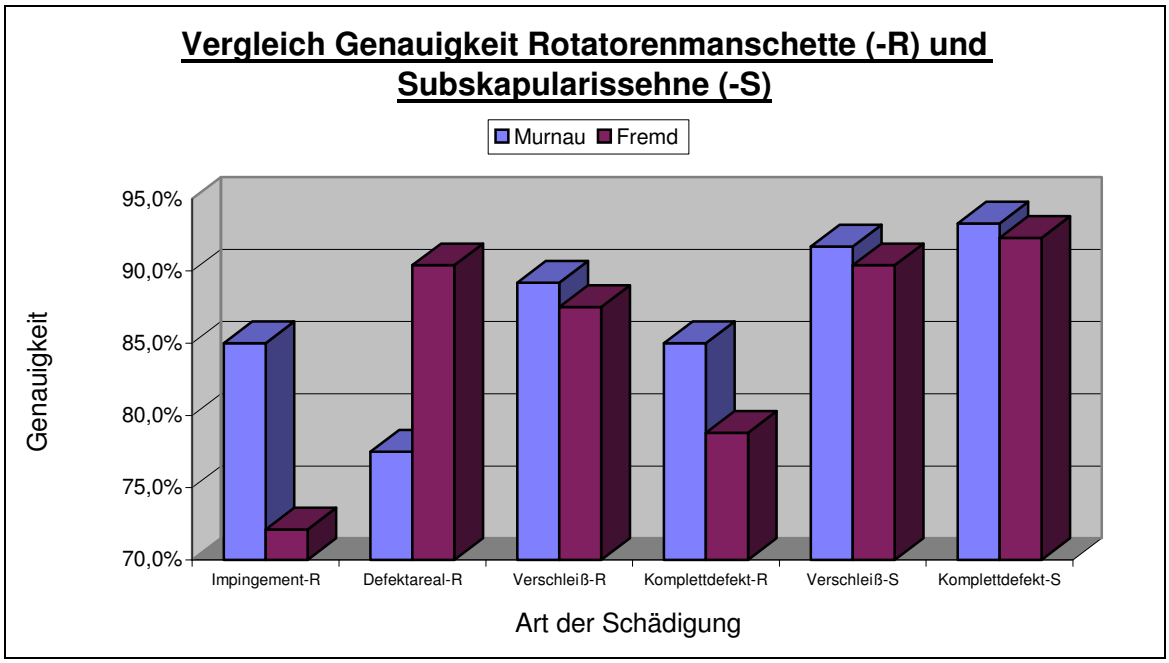


Abb. 9: Vergleich Genauigkeit Rotatorenmanschette

Es herrschen in beiden Gruppen in etwa die gleichen Prävalenzen vor (Anhang 2 u. 3).

3.2.8.1.2 Bizepssehne

Bis auf die verschleißbedingte Ausdünnung erkennt die „Gruppe Murnau“ Veränderungen an der Bizepssehne besser (Abb. 10). Beide Gruppen haben allerdings den gleichen positiv prädiktiven Wert (Anhang 2 u. 3). Da jedoch die Prävalenz bezüglich dieses Schadens bei der „Gruppe Fremd“ deutlich höher liegt (25% gegenüber 16,7%) ist dieses Resultat erklärbar.

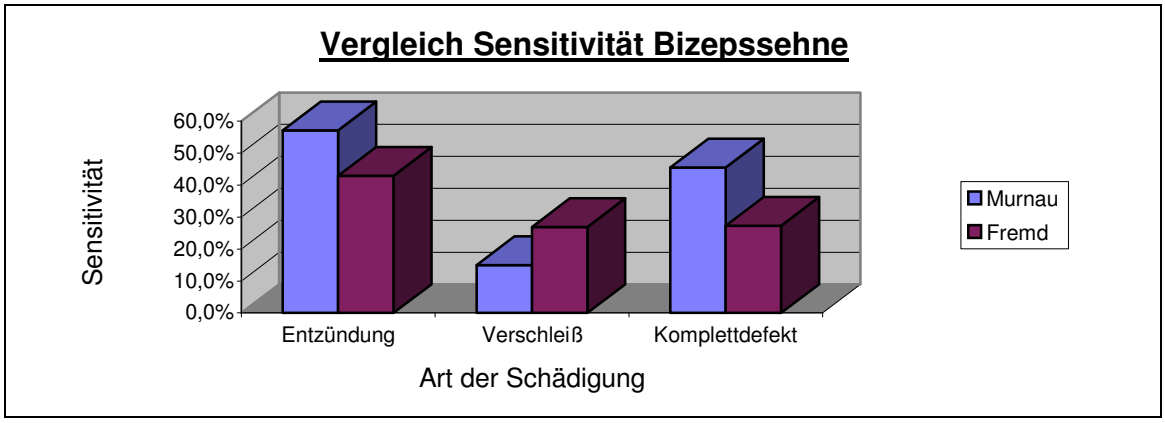


Abb. 10: Vergleich Sensitivität Bizepssehne

Die Spezifität und Genauigkeit sind nur betreffend die Bizepssehnenentzündung bei den auswärtigen Radiologen besser (Abb. 11 und S. 40, Abb. 12).

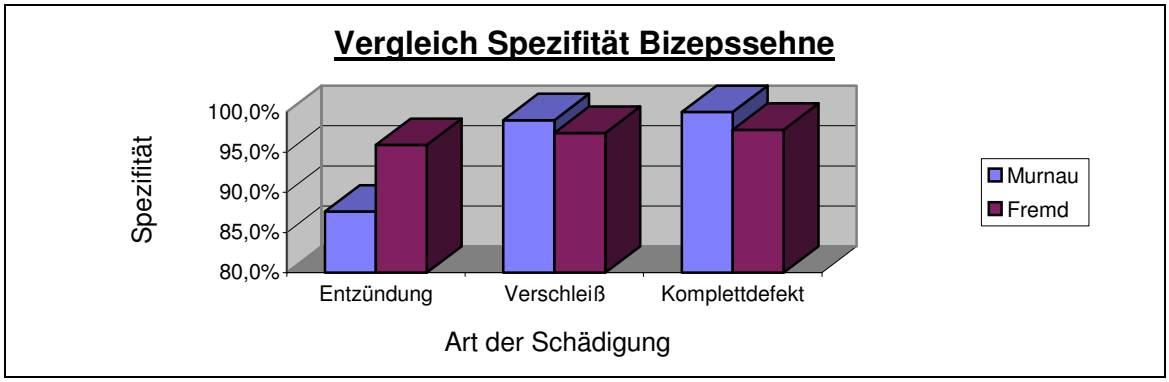


Abb. 11: Vergleich Spezifität Bizepssehne

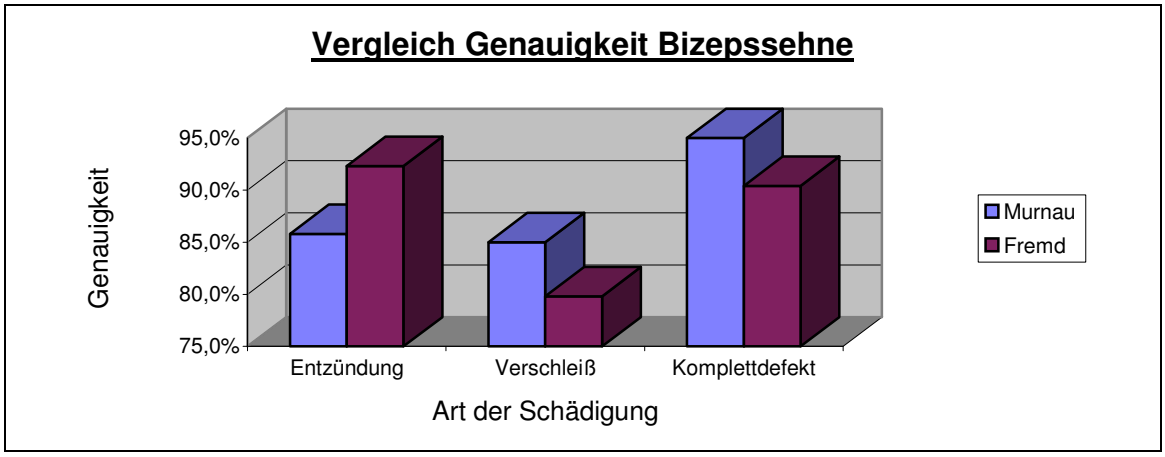


Abb. 12: Vergleich Genauigkeit Bizepssehne

3.2.8.1.3 Gelenkbildende Flächen

Bei der Betrachtung der gelenkbildenden Flächen erzielen die Krankenhausärzte die besseren Ergebnisse.
Lediglich bei der Beurteilung der Knorpelfläche des Humeruskopfes erzielen sie sowohl für Sensitivität, wie auch für Spezifität und Genauigkeit geringfügig schwächere Werte als die „Gruppe Fremd“ (Abb. 13, 14 u. 15).

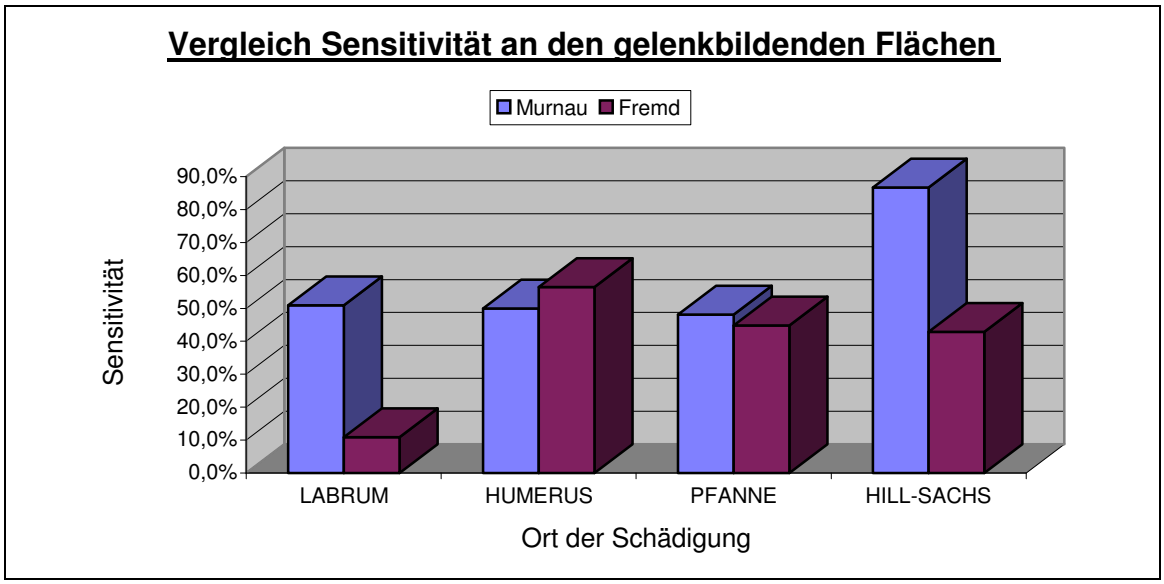


Abb. 13: Vergleich Sensitivität an den gelenkbildenden Flächen

Besonders ausgeprägt ist der Unterschied bei der Erkennung von Labrumläsionen und einer Hill-Sachs-Delle. Die Gruppe aus Murnau erkannten 50,9% aller Labrumläsionen gegenüber 10,9% auf Seite der Niedergelassenen.
Bei der Humeruskopfimpression ergibt sich ein Verhältnis von 86,7% zu 42,9%.

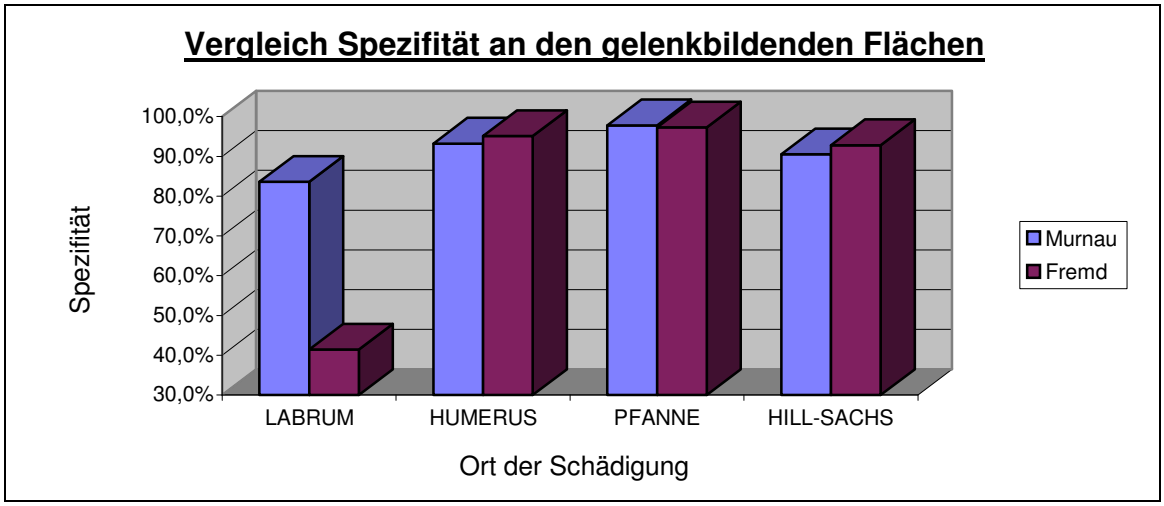


Abb. 14: Vergleich Spezifität an den gelenkbildenden Flächen

Die Anzahl an „falsch positiv“- und „falsch negativ“-Diagnosen für das Labrum ist sehr hoch, nämlich 34 (von 39) und 41 (von 56).

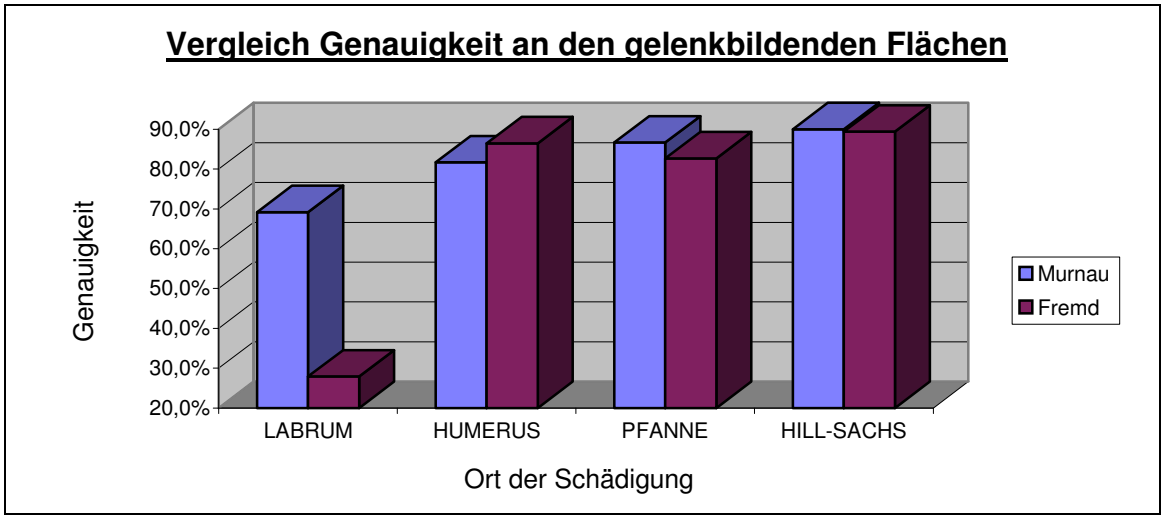


Abb. 15: Vergleich Genauigkeit an den gelenkbildenden Flächen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Radiologieabteilung der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Murnau mit ihren Ergebnissen besser abschneidet als die Gruppe der niedergelassenen Radiologen.
Bei in etwa gleichen Prävalenzen, erzielt die „Gruppe Murnau“ durchschnittlich bessere Werte für Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit (S. 42, Tabelle 24).

Tabelle 24: Vergleich zwischen Gruppe „Murnau“ und Gruppe „Fremd“			
Gruppe / Werte	**Sensitivität**	**Spezifität**	**Genauigkeit**
„Gruppe Murnau“	52,7%	92,3%	85,8%
„Gruppe Fremd“	45,2%	88,4%	81,5%

3.2.8.2 Häufigkeit der Strukturbenennung

Bei den folgenden Daten wurde überprüft, wie häufig die in Abschnitt 2.2.2 geforderten Strukturen in den Befunden von den Radiologen explizit genannt wurden.

Am häufigsten wird dabei die Rotatorenmanschette erwähnt (217 Nennungen), dicht gefolgt vom Humeruskopf, der in 207 Berichten Erwähnung findet (Abb. 16).

Die für die Stabilität wichtigen Ligg. glenohumeralia und die Sehne des M. subscapularis werden dagegen nur in 9,8% bzw. 20,1% aller Berichte genannt.

Die restlichen Strukturen gingen in einem Bereich zwischen 65% und 80% aller Fälle in die Bewertung ein.

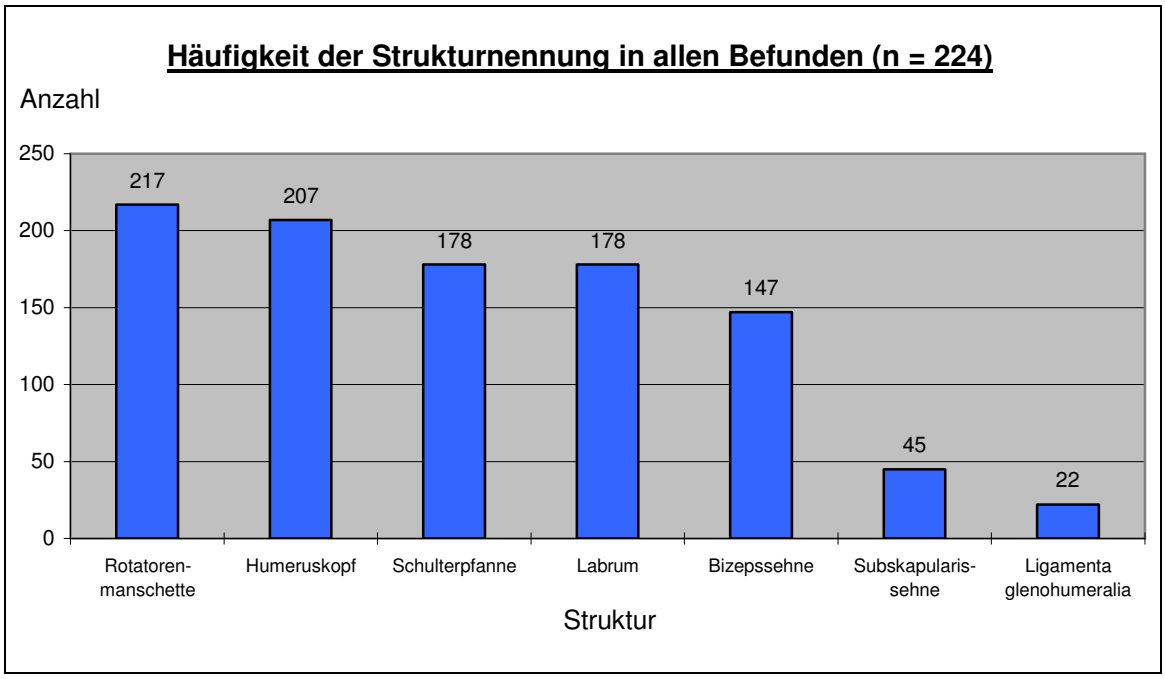


Abb. 16: Strukturen – Häufigkeitsverteilung

Eine zweite Zählung erfolgte hinsichtlich der Fragestellung, wie viele Strukturen

je Befund genannt werden (Abb.17). Die MRT-Befunde können somit maximal sieben Strukturen enthalten.

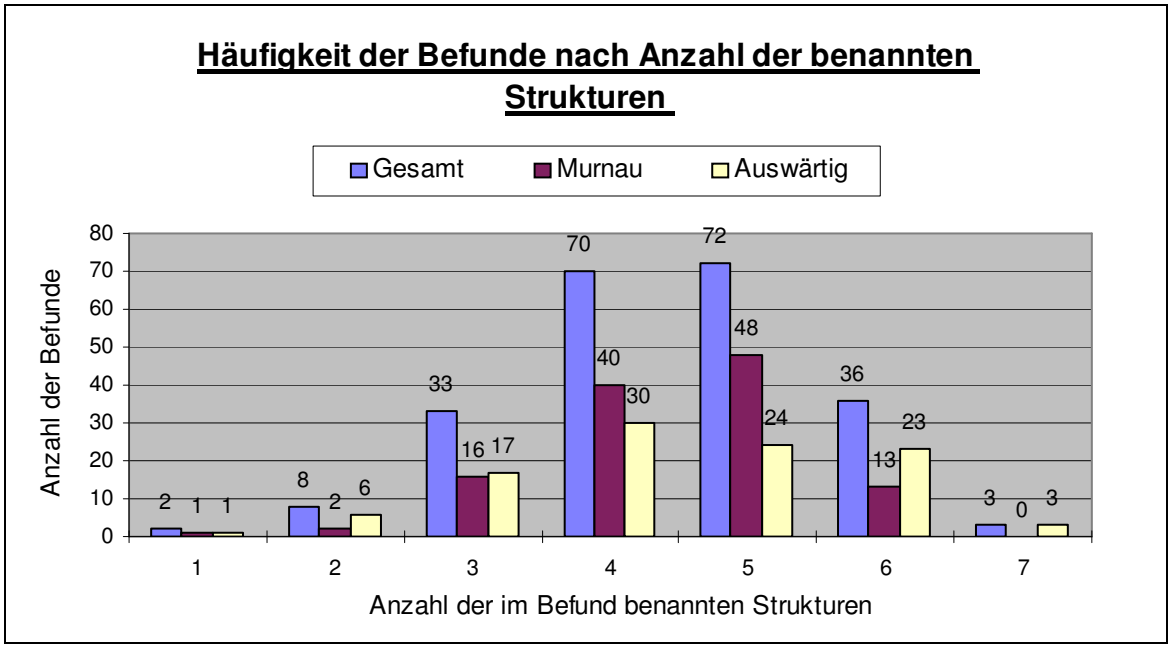


Abb. 17: Häufigkeitsverteilung der Befunde nach Anzahl genannter Strukturen

Durchschnittlich wurden 4,4 Strukturen pro Befund (Str./Bef.) erwähnt. Die „Gruppe Murnau“ unterscheidet sich hierin von der „Gruppe Fremd“ nur minimal mit 4,43Str./Bef. zu 4,45Str./Bef.

Aus dieser Zählung gehen auch die zwei Untergruppen „Gruppe 1-4“ und „Gruppe 5-7“ hervor.

„Gruppe 1-4“, in der die Befunde zusammengefasst sind, die zwischen einer und vier Strukturen aufweisen, umfasst 113 Patienten. Sie benennt durchschnittlich 3,5 Strukturen je Befund, wohingegen ihre Vergleichsgruppe durchschnittlich 5,4 Strukturen bezeichnet. Zu dieser gehören die 111 Berichte in denen fünf und mehr Strukturen aufgeführt sind.

Die statistische Gegenüberstellung dieser beiden Gruppen wird in den folgenden Punkten dargestellt.

3.2.8.2.1 Rotatorenmanschette

Bei der Erkennung einer Pathologie, also der Sensitivität erzielt „Gruppe 1-4“ nur hinsichtlich verschleißbedingte Ausdünnung deutlich bessere Werte als die

Vergleichsgruppe (81,0% gegen 63,6%). Ein Komplettdefekt der Rotatorenmanschette diagnostiziert sie nur geringfügig besser. Bei den anderen Veränderungen ist ihr die „Gruppe 5-7“ z.T. deutlich überlegen (Abb. 18).

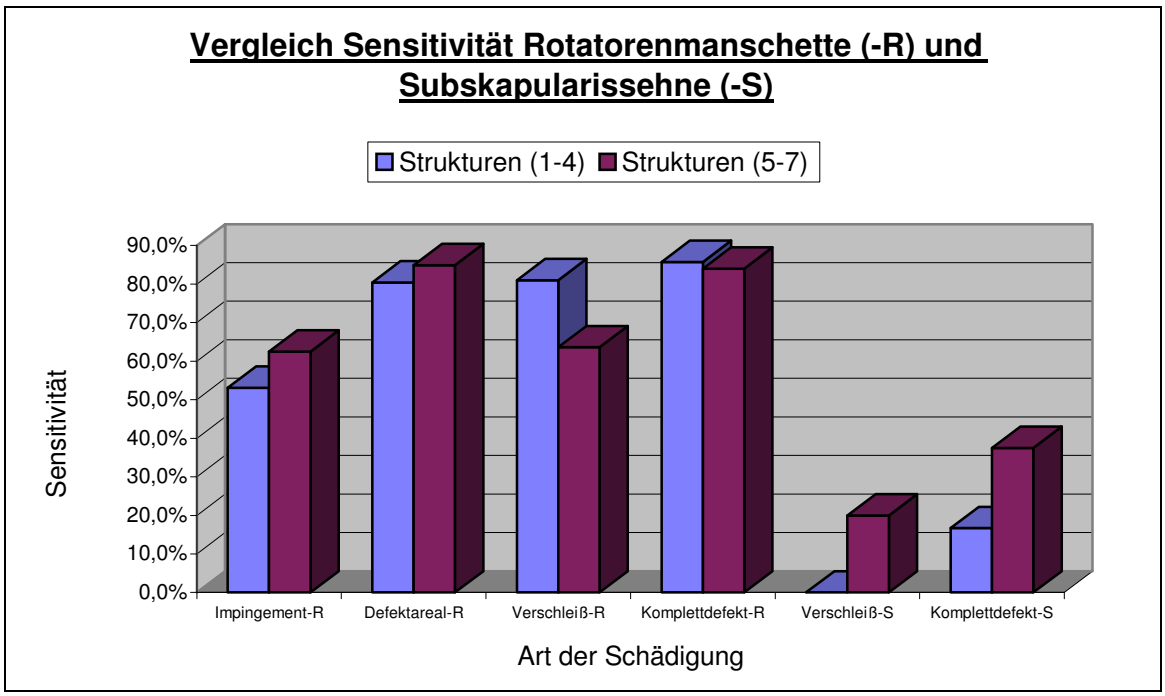


Abb. 18: Vergleich Sensitivität Rotatorenmanschette

Bei einer Prävalenz von 8,0% für die verschleißbedingte Ausdünnung der Subskapularissehne entgehen den Untersuchern mit den wenigeren benannten Strukturen bei einer Sensitivität von 0% alle 9 Erkrankten (Anhang 4 u. 5).

Bei der Spezifität hat „Gruppe 1-4“ bis auf die Beurteilung einer Defektzone der Rotatorenmanschette die besseren Werte als „Gruppe 5-7“ (S. 45, Abb. 19). Der Unterschied hierbei ist allerdings minimal.

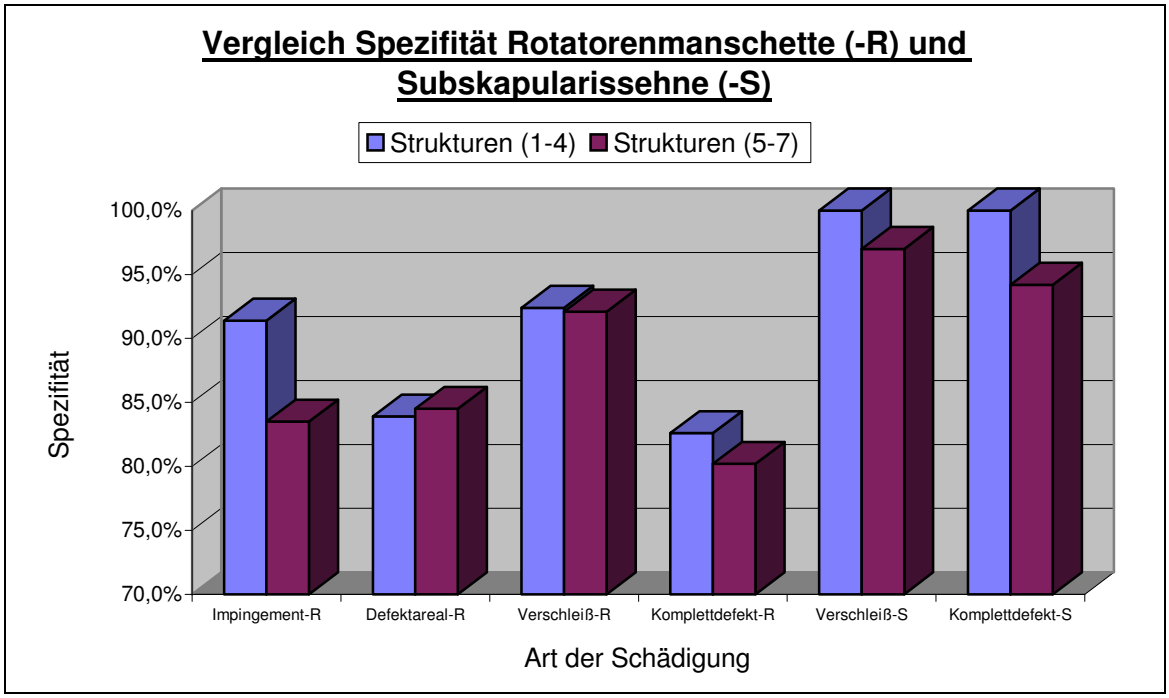


Abb. 19: Vergleich Spezifität Rotatorenmanschette

Bei Betrachtung der Genauigkeit zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der Spezifität.

Auch hier ist die „Gruppe 5-7“ lediglich bei der Identifizierung einer Defektzone ihrer Vergleichsgruppe überlegen (Abb. 20).

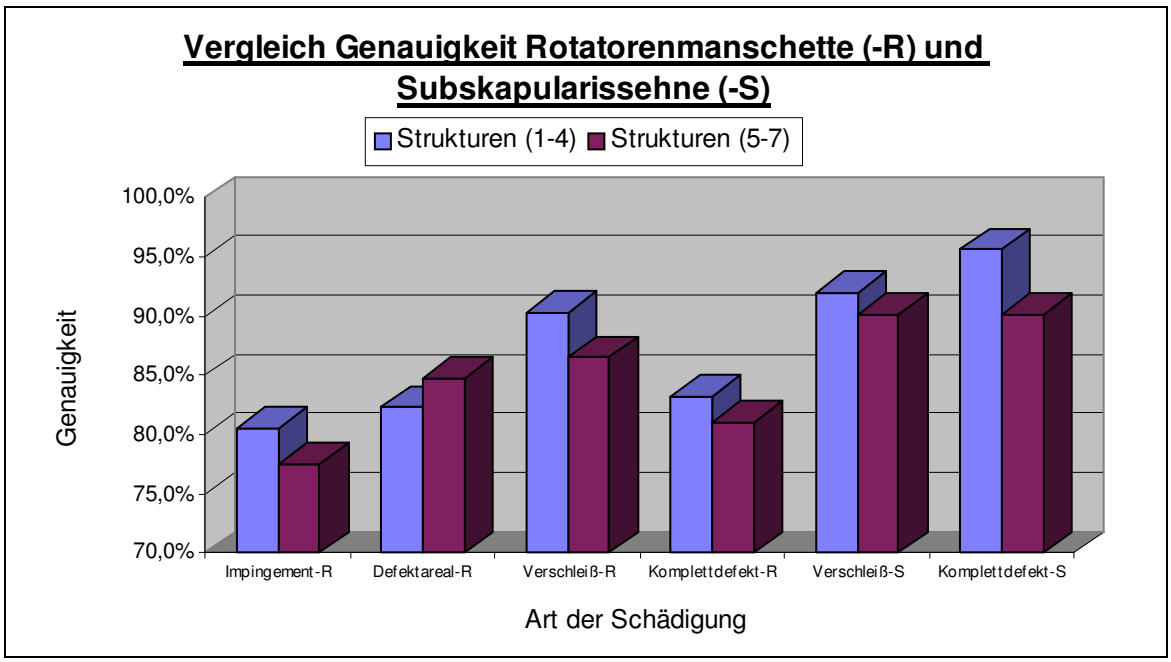


Abb. 20: Vergleich Genauigkeit Rotatorenmanschette

3.2.8.2.2 Bizepssehne

Für die Beurteilung eines Schadens an der Bizepssehne ist die Gruppe mit den zahlreicheren Strukturnennungen ihrer Vergleichsgruppe deutlich überlegen (Abb. 21).
So erkennt „Gruppe 5-7“ 5 der 7 entzündeten Bizepssehnen, während „Gruppe 1-4“ nur 2 von 7 korrekt identifiziert.

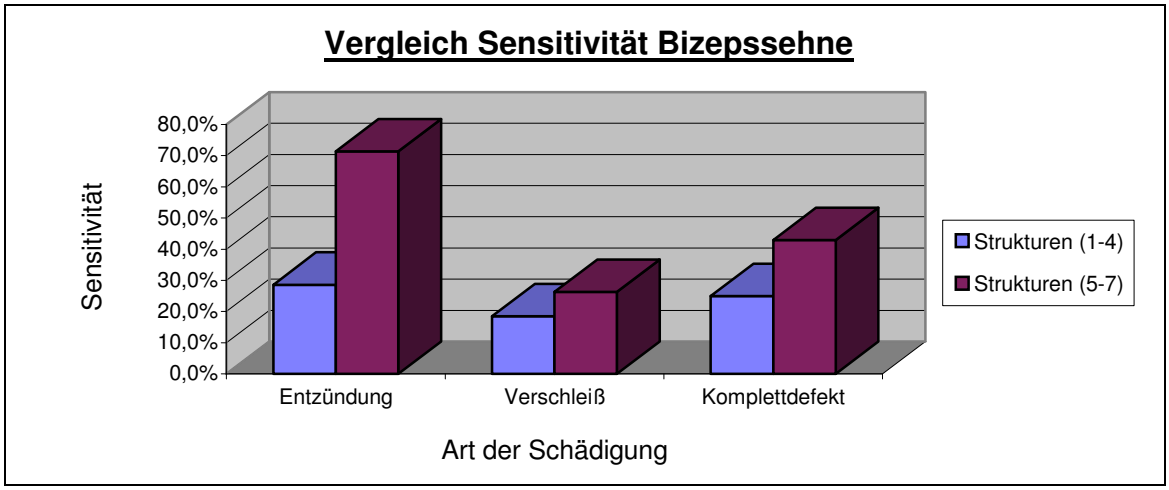


Abb. 21: Vergleich Sensitivität Bizepssehne

Da „Gruppe 1-4“ eher zu negativen Befunden tendiert, ergeben sich hinsichtlich Spezifität und Genauigkeit eine geringfügige Überlegenheit (Abb. 22 u. 23).

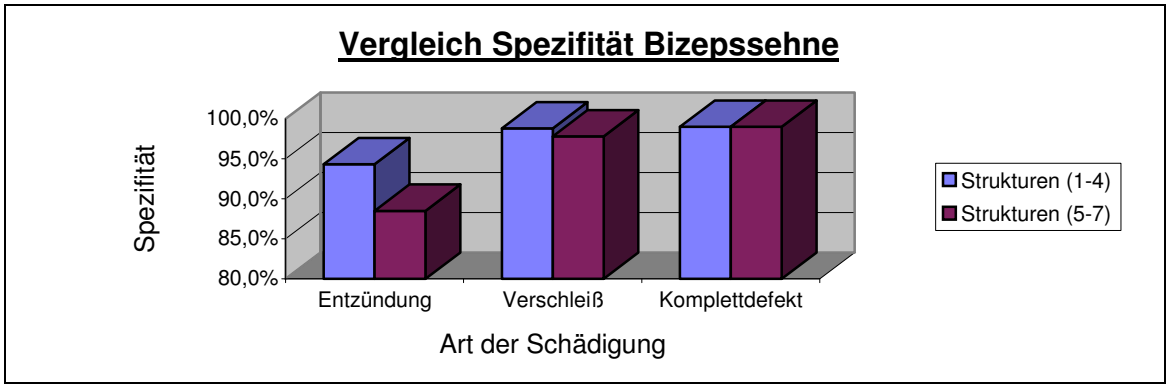


Abb. 22: Vergleich Spezifität Bizepssehne

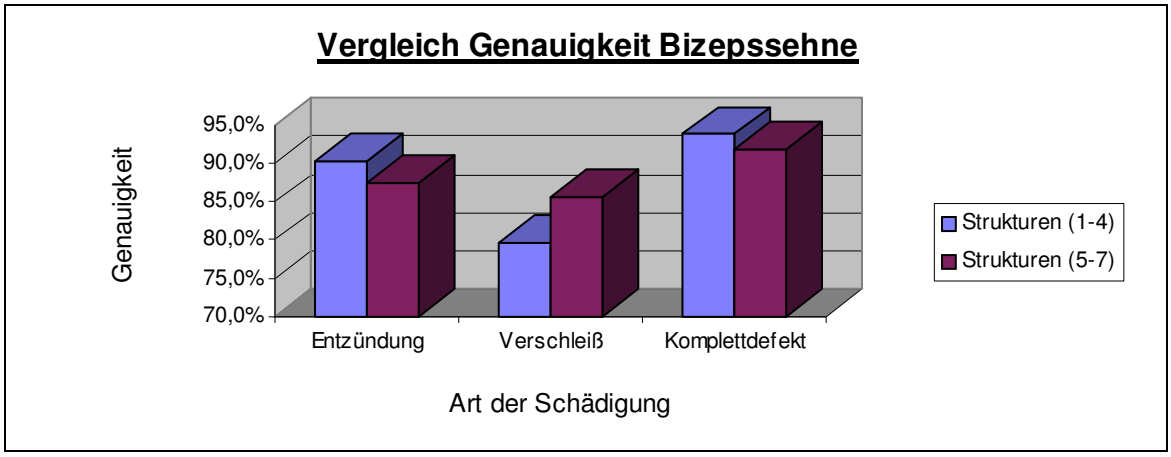


Abb. 23: Vergleich Genauigkeit Bizepssehne

3.2.8.2.3 Gelenkbildende Flächen

Hinsichtlich der Betrachtung der gelenkbildenden Flächen erreicht die „Gruppe 5-7“ deutlich bessere Sensitivitäten als die Vergleichsgruppe, was die Beurteilung von Labrum und Diagnose einer Hill-Sachs-Delle betrifft (Abb. 24).

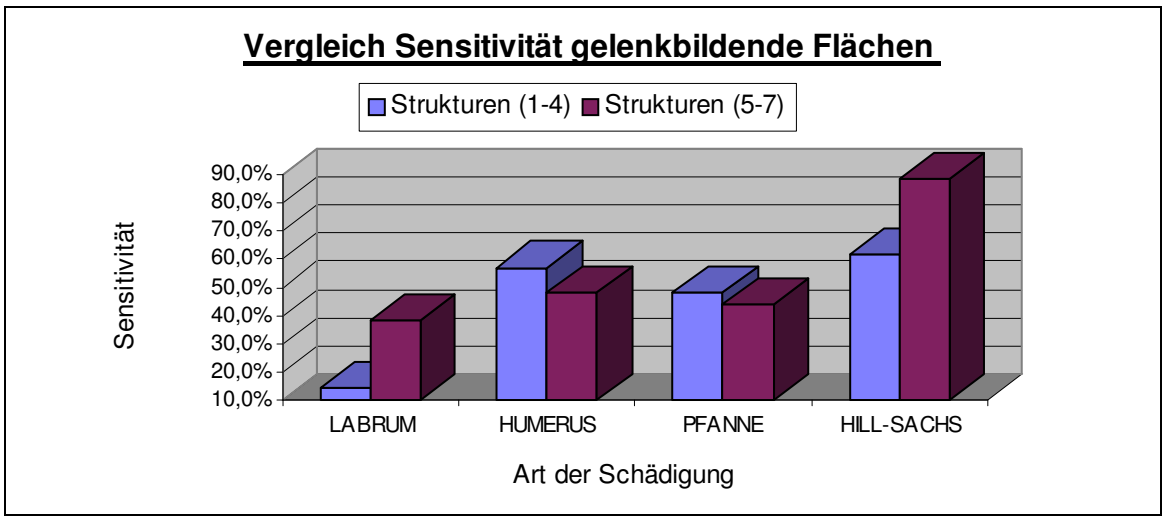


Abb. 24: Vergleich Sensitivität gelenkbildende Flächen

Wie schon bei der Bizepssehne gesehen, erzielt die „Gruppe 1-4“ höhere Werte für die Spezifität (S. 48, Abb. 25). Als Ursache muss auch hier ihre Tendenz zu negativen Befunden gesehen werden. Allerdings war die Sensitivität für Labrumläsionen mit 14,3% so niedrig, dass auch die Spezifität für die Labrumpathologie kleiner ist.

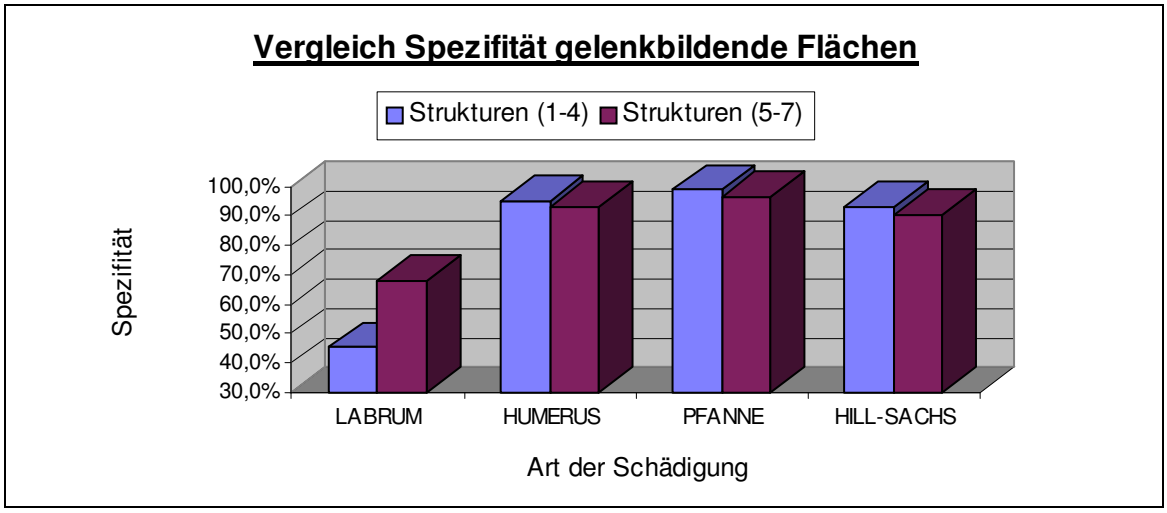


Abb. 25: Vergleich Spezifität gelenkbildende Flächen

Bei der Genauigkeit liegen beide Gruppen dicht zusammen (Abb. 26). Einzig hinsichtlich des Labrums ist auch hier die „Gruppe 1-4“ der Vergleichsgruppe deutlich überlegen.

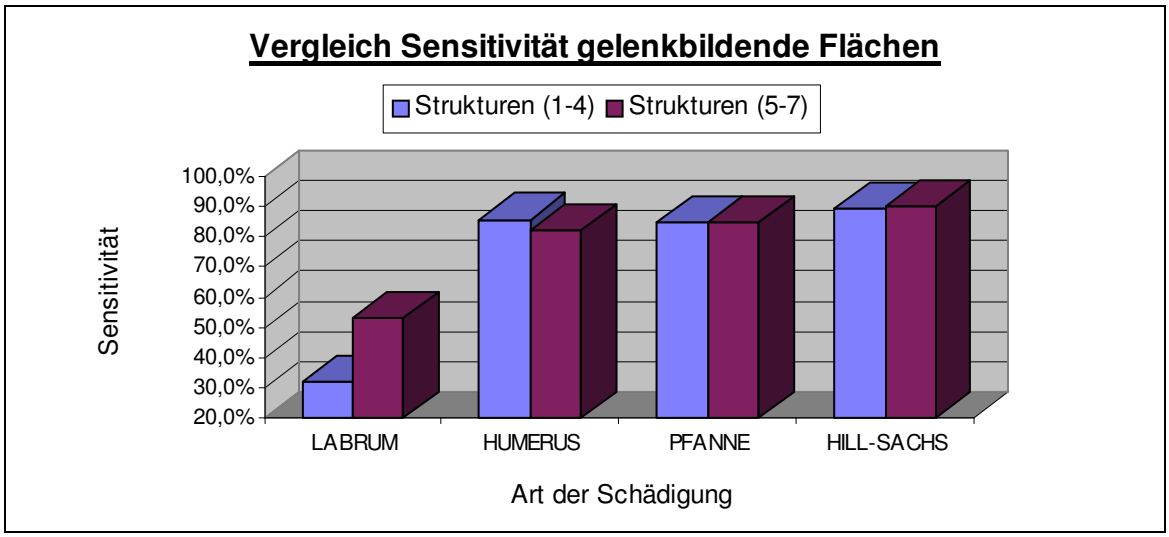


Abb. 26: Vergleich Genauigkeit gelenkbildende Flächen

In beiden untersuchten Gruppen können etwa die gleichen Prävalenzen (Anhang 4 und 5) gefunden werden.
Durchschnittlich erzielt die „Gruppe 5-7“ eine höhere Sensitivität als die Gruppe mit den wenigeren benannten Strukturen. Bei Spezifität und Genauigkeit erreicht sie geringfügig schlechtere Werte als die „Gruppe 1-4“ (S. 49, Tabelle 25).

Tabelle 25: Vergleich zwischen Gruppe „1-4“ und Gruppe „5-7“			
Gruppe / Werte	**Sensitivität**	**Spezifität**	**Genauigkeit**
„Gruppe 1-4“	43,8%	90,4%	83,1%
„Gruppe 5-7“	54,8%	89,6%	83,5%

3.2.9 Therapeutische Konsequenz

Insgesamt erreichen 53 Befunde eine Genauigkeit von 100%, d.h. sie beinhalten ausschließlich „richtig positiv“- und „richtig negativ“-Diagnosen. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 23,7%.
Bei 13 von diesen Befunden wurden überhaupt keine Veränderungen vorgefunden und waren „ohne Befund“ (entspricht 23,6%; 13 von 55).

Die genaue Verteilung auf die Untergruppen ist in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Anteil der 100%-Befunde an den Teilgruppen					
1-4:= Untergruppe, deren Befunde 1-4 der geforderten Strukturen aufweisen 5-7:= Untergruppe, deren Befunde 5-7 der geforderten Strukturen aufweisen					
Anteil der fehlerlosen Befunde bei den einzelnen Untergruppen					
		Untergruppen			
	Gesamt	**Murnau**	**Fremd**	**1 - 4**	**5 - 7**
Fallzahl	224	120	104	113	111
absolut	53	31	22	30	23
in %	23,7%	25,8%	21,2%	26,6%	20,7%

4. Diskussion

Die Erkrankungen und Verletzungen der Rotatorenmanschette bilden heutzutage einen großen Anteil im chirurgischen/orthopädischen Patientengut. Für die Pathogenese dieses Formenkreises werden Überlastungen, Unfälle, mechanische Verschleißerscheinung und Entzündung etc. diskutiert [57].

Eine zentrale Bedeutung bei der Pathologie der Rotatorenmanschette kommt dem Impingement-Syndrom zu, das für bis zu 95% aller Kontinuitäts-unterbrechungen der Rotatorenmanschette verantwortlich ist [87, 104].
Die in dieser Studie erreichten Werte von Sensitivität (57,8%), Spezifität (87,5%) und Genauigkeit (79,0%), mit der die Magnetresonanztomographie ein vorhandenes Impingement-Syndrom erkennt, sind enttäuschend. Sie können die hervorragenden Werte der Literatur nicht bestätigen [37, 67, 118, 134, 142].

Unter dem Impingement-Syndrom versteht man grundlegend eine Beschwerdesymptomatik aus nächtlichem Ruheschmerz verbunden mit einem schmerzhaften Bogen bei Bewegung. Das Impingement kann seitens seiner Pathogenese in verschiedene Formen unterteilt werden.
Anatomisch wird in subakromiales Impingement und subkorakoides Impingement unterteilt. Die Trennlinie bildet das Ligamentum coracohumerale [99]. Sie stellen die Hauptursachen für ein extrinsisches Impingement dar. Die Mehrzahl der Autoren machen sog. „extrinsische“ Faktoren für das Impingement verantwortlich [8, 36, 39, 58, 87].
Dem entgegen steht die intrinsische Theorie, welche die Ursache für das Impingement bzw. den Muskelschaden in der Sehne selbst sieht.
Selten auftretende Sonderformen des Impingement sind das Pulley-Syndrom [41] und das posteriore superiore Glenoid-Impingement [144].
Auch wenn die Ursachen für das Impingement verschiedenen Ursprungs sind und dieser Sachverhalt kontrovers diskutiert wird, führen sie doch alle zu den ähnlichen morphologischen Veränderungen, die über unterschiedliche Zwischenstadien eine Defektbildung in der Rotatorenmanschette nach sich ziehen. Somit gilt es entweder die pathomorphologischen Substrate selbst, oder zumindest deren Ursachen in der Bildgebung nachzuweisen. Das Ausmessen

der akromio-humeralen bzw. der korako-humeralen Distanz erfordert eine exakt standardisierte Schnittebene. Dies ist durch Standardisierung auch mittels konventioneller Röntgenaufnahmen möglich. Allerdings besteht ein gewisser Schwankungsbereich sowohl bei einer gesunden, wie auch bei einer krankhaft veränderten Schulter [129]. Das Impingement, also die Enge selbst nachzuweisen, ist somit äußerst unzuverlässig.
Beim subkorakoiden Impingement kommt es zur Einengung der, zwischen dem Processus coracoideus und dem Tuberculum minus humeri gelegenen Weichteilstrukturen, insbesondere der Subskapularissehne [30, 43]. Ähnlich dem Vorgang beim subakromialen Impingement kann die Einengung in einem Verschleiß der Subskapularissehne bis hin zur kompletten Defektbildung derselben resultieren. Oftmals wird das subkorakoide Impingement erst diagnostiziert nachdem eine subakromiale Dekompression nicht zum Erfolg geführt hat [128]. Therapeutisch bedarf es dem entgegen einer Korakoplastik [30]. Es sei darauf hingewiesen, wie wichtig die Unterscheidung zum subakromialen Impingement ist, da bei diesem die Indikation für eine Akromioplastik besteht. Die Differenzierung dieser Pathogenese wird in der MRT-Aufnahme nur indirekt durch die Lokalisation der pathologischen Sehnenveränderungen erkennbar [39]. Dies bietet jedoch keine sichere Grundlage für eine adäquate Therapieentscheidung, da die Veränderungen auch in der gesunden Sehne nachweisbar sein können [20, 89].

Beim subakromialen Impingement kommt es dagegen zur Einklemmung von Weichteilstrukturen zwischen Humeruskopf und korakoakromialen Bogen (bestehend aus Akromion, Processus coracoideus, Lig. coracoacromiale und medial durch das akromioklavikuläre Gelenk). Es engt den Subakromialraum von kranial her ein, und kann dabei insbesondere die Supraspinatussehne schädigen [80, 86, 87, 106].
Das subakromiale Impingement ist die, in der Literatur am besten dokumentierte Form und wird deshalb stellvertretend für die anderen Ursachen besprochen. Da die meisten morphologischen Veränderungen, die es zu erkennen gilt, bei allen Formen gleich sind, darf diese Vorgehensweise als repräsentativ gelten.
Erstmals wurde das Impingement 1937 von Meyer beschrieben [80]. Er zeigte einen Zusammenhang zwischen einem kompletten Defekt der

Rotatorenmanschette und einer vorhandenen subakromialen Enge, durch die es zu wiederholten Mikrotraumen der Rotatorenmanschette kommt, und dies schließlich zu einer Defektbildung führt.

1972 machte Neer die von außen wirkenden Faktoren für den Verschleiß der Rotatorenmanschette verantwortlich [86]. Er unterteilte 1983 das Impingement in 3 Stadien [87], deren Beschreibung sich jeweils auf die Sehne des M. supraspinatus bezieht.

In Stadium I, welches vornehmlich bei jüngeren Patienten unter 25 Jahren auftritt, herrschen Sehnenödem und Einblutung vor. Diese Veränderungen sprechen auf eine konservative Therapie an und sind reversibel [119]. Im Alter zwischen 25 und 40 Jahren tritt eher Stadium II auf. Morphologisch zeigt sich Fibrose und eine Verdickung der Sehne, welche ohne Behandlung zu fortschreitendem Verschleiß und persistierendem Schmerz, insbesondere bei Überkopfarbeit, führen kann. Operativ kann dem durch Bursektomie und/oder Resektion des Ligamentum coracoacromiale entgegengewirkt werden [119]. In Stadium III kommt es schließlich zum Sehnendefekt und zu osteophytären Ausziehungen am Unterrand des Akromions. Diese, meist bei Patienten über dem 40. Lebensjahr auftretenden Veränderungen haben eine progressive Prognose, und stellen meist eine Indikation zur anterioren Akromioplastik und Rotatorenmanschettennaht dar [86, 119]. Der überwiegende Teil der Literatur besagt, dass diese Veränderungen von der MRT mühelos identifiziert werden können [37, 67, 118, 135, 143]. Allerdings stellten Huber und Koch 1995 fest, dass die Einteilung nach Neer nur zu einem gewissen Grad anwendbar ist [57]. Während Stadium I und II nur schwer voneinander zu unterscheiden sind, da sie in der T1-Gewichtung nur geringe Unterschiede in der Signalanhebung aufweisen, kann Stadium III durch die T_2-Gewichtung deutlich davon abgegrenzt werden [57]. Erschwerend kommt hinzu, dass die morphologischen Veränderungen auch bei asymptomatischen Freiwilligen gefunden werden können [20, 89].

Ebenso kann die anatomische Form der Akromionunterfläche zu einem Impingement führen. Bigliani zeigte 1991 einen Zusammenhang zwischen der Form der Akromionunterfläche und Defekten der Supraspinatussehne. Er unterschied 3 verschiedene Typen [8].

Hierbei kommt Typ I (flat-Typ) nur eine geringe Bedeutung zu, wohingegen Typ II

(curved-Typ) zu 27% und Typ III (hooked-Typ) zu 70% mit einem Defekt der Supraspinatussehne assoziiert sind [8, 83]. Die Einteilung der verschiedenen Akromiontypen nach Bigliani (1991) auf der MRT-Aufnahme stellt sich als problembehaftet dar. Erstens besteht Uneinigkeit darüber, in welcher Schichtaufnahme das Akromion beurteilt werden soll [138, 142], zweitens findet man eine hohe Variabilität der Ergebnisse bei verschiedenen Untersuchern [52, 103]. Diese Variabilität zeigt sich auch bei dem Versuch die Einteilung nach Bigliani anhand konventioneller Röntgenaufnahmen vorzunehmen [52].

Weitere extrinsische Faktoren, die zu einem Impingement-Syndrom führen können, sind eine Arthrose des Akromio-Klavikular-Gelenks sowie das Os acromiale [8, 39, 58]. Beide können durch dauerhafte Irritation die Supraspinatussehne schädigen, und schließlich zur kompletten Defektbildung führen. Entwicklungsphysiologisch bildet sich das Akromion durch Verschmelzung von 3 Ossifikationszentren um das 25. Lebensjahr herum. Bei ungefähr 8% der Bevölkerung bleibt diese Verschmelzung aus, und führt zum Os acromiale [31, 84]. Das Os acromiale ist in der axialen Schnittführung einfach zu identifizieren, dagegen kann es auf den sagittalen Bildern fälschlicherweise mit dem AC-Gelenk verwechselt werden [98]. Ein zum Impingement führendes instabiles Os acromiale bedarf meist der operativen Therapie. Kleinere können exzidiert werden, wohingegen größere eher mittels Osteosynthese stabilisiert werden sollten [98].

Beim sekundär extrinsischen Impingement wird die subakromiale Enge von unten her verursacht. Die Ursachen hierfür liegen einmal in der Rotatorenmanschette selbst, die nach Verletzung bzw. Entzündung vernarbt und damit verdickt sein kann. Darüber hinaus können nervale wie muskuläre Fehl- oder Minderfunktionen eine bewegungsabhängig zu enge Schulterführung nach sich ziehen [39, 115]. Als Therapie der Wahl für ein sog. dynamisches Impingement steht die konsequente Kräftigung der stabilisierenden Schultermuskulatur [38, 39]. Dem sekundär extrinsischen Impingement gemein ist die Tatsache, dass die akromio-humerale Enge meist keine Auffälligkeiten zeigt. Die auf der MRT-Aufnahme sichtbaren Sehnenveränderungen, vor allem bei jungen Patienten sind unspezifisch [38].

Der intrinsischen Theorie zufolge existiert eine Abnormalität im Sinne einer hypovaskularisierten Region in der Sehne des M. supraspinatus selbst, auch

„critical zone“ genannt [22, 23, 74, 112], die zu Verschleiß und folgender Defektbildung führen kann. Sie liegt ca. 1cm proximal des Muskelansatzes am Tuberculum majus humeri. Ebenso kann es an dieser Stelle infolge von Mikrotraumata zu Kalkeinlagerungen in die Sehne i. S. einer Tendinosis calcarea kommen [22]. Die morphologischen Veränderungen am subakromialen Bogen werden dabei im Sinne von Exosthosenbildung als sekundäre Folgen eingeschätzt [94]. Zur Erfassung der Kalkeinlagerungen ist die Kernspintomographie eher nicht geeignet, da nur verhältnismäßig dichte Kalkansammlungen als signallose Bezirke erkannt werden können [16].

Es ist wichtig, auf einer MRT-Aufnahme die Gesamtheit der morphologischen Veränderungen zu beschreiben, und bei deren gemeinsamen Vorliegen sowie klinisch entsprechendem Beschwerdebild die Diagnose Impingement zu stellen [37].
Die Routine-MRT-Untersuchung erfolgt mit dem Arm neben dem Körper in Neutralnullstellung. Da das klassische subakromiale Impingement, also die Einklemmung selbst erst in Innenrotation des Armes bei 60° Vorwärtsflexion und 60° Abduktion zum Tragen kommt, ist die MRT aus anatomischer Sicht nicht für den direkten Nachweis des Impingement geeignet [14]. Verbesserung versprechen hier die neueren seitlich offenen Scanner [71].
Mit einer Sensitivität von 57,8% stellt sich die MRT als zu unzuverlässig dar, ein Impingement zu erkennen, da sie fast die Hälfte aller vorliegenden Erkrankungen nicht erkennt. Es empfiehlt sich, die Diagnose anhand des klinischen Bildes zu stellen. Sherman (1997) hält die klinischen Diagnosekriterien für so gut etabliert, dass der Arzt mit einer großen Verlässlichkeit ein Impingement diagnostizieren kann [117]. Ein MRT-Befund kann sowohl die Diagnose stützen, wie auch wichtige Zusatzinformationen für die Therapieentscheidung beitragen, falls die Güte der Ergebnisse verbessert werden kann [62].
Mit einem positiv prädiktiven Wert von 64,9% sind ein Drittel aller Positiv-Diagnosen falsch. Viele der Patienten mit Impingement erhalten nicht die notwendige Therapie, wie zum Beispiel bei einem Grad II Impingement eine Bursektomie bzw. Ligamentresektion angezeigt wäre [87], um eine Progredienz vom Patienten abzuwenden. Bei der großen Anzahl an „falsch positiv“-Diagnosen werden mehr Patienten der operativen Therapie zugeführt als nötig.

Die Bandbreite der pathologischen Veränderungen der Rotatorenmanschette reicht von einfacher Entzündung bis hin zum kompletten Defekt. Diese Veränderungen kommen meist ansatznah vor, und treten mit zunehmendem Alter häufiger auf. Die Aufteilung in der Studie erfolgte zunächst nach Pathologien mit erhaltener Sehnenkontinuität und solchen mit Kontinuitätsunterbrechung. Bei erhaltener Kontinuität wurde zusätzlich zwischen partieller Defektbildung und verschleißbedingter Ausdünnung unterschieden.

Die Kontinuitätsunterbrechung der Rotatorenmanschette wird von der MRT mit einer Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit von jeweils 84,8%, 81,5% und 82,1% erkannt.

Diese Werte bewegen sich im Bereich der Literatur, wobei hier eine enorme Schwankungsbreite besteht [3, 62, 63, 85, 99, 102, 107, 116, 126, 139, 141]:

Sensitivität 52% [99] - 100% [85, 110, 116]

Spezifität 20% [116] - 100% [63]

Genauigkeit 72% [99] - 97% [3].

Was die Beurteilung der Rotatorenmanschette auf einer Kernspinaufnahme hinsichtlich einer kompletten Kontinuitätsunterbrechung angeht, gibt es gewisse morphologische Diagnosekriterien, die in der Literatur hinreichend beschrieben sind [38, 60, 63, 70, 99, 109, 142, 154].

Eine normale, nicht pathologisch veränderte Sehne sollte eine niedrige, homogene Signalintensität aufweisen, und ohne Kalibersprünge in ihrem Verlauf kontinuierlich darstellbar sein [142].

Es gibt verschiedene Veränderungsmerkmale, die nach ihrem Ursprung in primär und sekundär unterteilt werden können.

Als primäres Zeichen eines Komplettdefekts stellt sich zunächst einmal die Diskontinuität des Muskels oder dessen Sehne dar. Die dadurch entstandene Lücke kann mit Flüssigkeit ausgefüllt sein und ist in der MRT als hyperintenser Signalbezirk erkennbar. Bei frischem traumatischem Defekt lagert sich Blut in die Lücke ein. Dies gilt als eines der zuverlässigsten Zeichen, die auf einen Riss hinweisen [37], kann jedoch auch bei großen Defekten völlig fehlen [109]. Dieses verstärkte Signal im Muskel oder dessen Sehne gilt als sicherstes Zeichen, welches allerdings auch in gesunden Schultern als Normvariante gefunden werden kann [64, 75, 89, 132, 142], wobei Häufigkeiten von bis zu 95% berichtet werden [75]. Des Weiteren kann die Signalintensität in Muskelsehne und

umliegendem Weichteilgewebe nach lokaler Infiltration mit Steroiden oder Lokalanästhetika erhöht sein [55].
Zanetti (1998) ist sogar der Meinung, dass eine pathologische Sehne anhand der Signalintensität nicht sicher von der eines asymptomatischen Patienten unterschieden werden kann [151].
Als hauptverantwortlich für diesen Umstand gilt der sog. „magic angle“ Effekt [32, 35, 51, 130]. Bei ihm sollen diejenigen Fasern, die in einem Winkel von 55° zur Hauptausrichtung des Magnetfeldes liegen, eine Signalerhöhung in der Struktur bewirken. Dieses Phänomen wird auch in Sprung- und Handgelenk beobachtet [51]. Uri (1997) hält es für schwer bis unmöglich, eine Pathologie von diesem Effekt zu unterscheiden, allerdings sind Kontur und Durchmesser der betroffenen Sehne aufschlussreiche Hilfswerte [142]. Ein weiteres primäres Defektzeichen ist ein plötzlicher Kalibersprung des Muskels.
Darüber hinaus können so genannte sekundäre Zeichen erfasst werden, die hauptsächlich durch physiologische Umbauvorgänge nach einer stattgehabten Verletzung zu Stande kommen. Solche sind die freie Kommunikation zwischen Gelenkhöhle und Bursa subacromialis bzw. subdeltoidea, zu erkennen durch freie Flüssigkeit in Gelenk und/oder Bursa, Verschwinden bzw. Unterbrechung des Bursafettstreifens, die Retraktion des rupturierten Muskelbauchs und schließlich die Atrophie des Muskels und dessen fettige Degeneration.
Geringe Mengen freier Flüssigkeit in Gelenk und/oder Bursae werden sehr häufig (bis 60%) in asymptomatischen Schultern gefunden. Dies gilt bis zu einer gewissen Menge als normal [20, 64, 82, 89, 138, 142].
Die Unterbrechung des peribursalen Fettstreifens kann ein Ödem darstellen, das auf einen Rotatorenmanschettendefekt hinweist, allerdings kann sie sowohl bei Gesunden als Normvariante gefunden werden [64, 82, 89, 154], als auch durch eine Bursitis hervorgerufen werden [138]. Neumann et al (1992) fanden bei 49% der asymptomatischen Untersuchten ein Fehlen des Fettstreifens [65].
Die Retraktion des defekten Muskelbauches gilt nur als hinweisend auf einen Defekt, wenn dieser über einen Punkt, der 15° medial der 12-Uhr-Position vom Humeruskopf ausgehend liegt, zurückgezogen ist [89]. Diese Dehiszenz im Muskel beginnt bereits innerhalb der ersten Tage nach Trauma.
Die Muskelatrophie sowie die fettige Degeneration des Muskels kommen durch sekundäre Umbauvorgängen zustande. Hierbei lagert sich Fett in die

Muskelzellen ein und stellt damit eine Degeneration im ursprünglichen Sinn dar. Dieser Umbau kann bereits innerhalb der ersten 4 Wochen nach Trauma beginnen [10, 45]. Es kann nicht zwischen Verschleiß oder Trauma als Ursache für den Defekt unterschieden werden. Die fettige Muskelatrophie ist allerdings ein relativ unspezifisches Zeichen für einen Rotatorenmanschettendefekt, da sie auch bei neurologischen Erkrankungen oder der Einklemmung/Läsion sowohl des N. axillaris, als auch des N. suprascapularis gesehen wird.

Obwohl 84,8% der Kontinuitätsunterbrechungen der Rotatorenmanschette erfasst werden, soll hier an Mirowitz erinnert werden, der bereits 1991 eine neue Festlegung der Beurteilungskriterien gefordert hat [82], da die Defektzeichen zu häufig ebenfalls als Normvarianten gefunden werden.
Sehr schlecht stellt sich der positive prädiktive Wert mit 54,2% dar. Im Zusammenhang mit der Prävalenz von 20,5% ergibt sich eine große Quote an „falsch positiv"-Diagnosen. So wurde bei 72 Patienten die Diagnose einer Sehnendiskontinuität gestellt, obwohl tatsächlich nur 40 eine solche vorzuweisen hatten.
Therapeutisch ergibt sich daraus ein Problem, da ein Defekt der Rotatorenmanschette bei entsprechender Altersindikation operativ versorgt werden sollte, und somit fast jeder zweite umsonst an die Chirurgie verwiesen wird.
Bedingt scheint die Magnetresonanztomographie zur Diagnosestellung geeignet. Die möglichen Fehlerquellen, und der Ausschluss ebensolcher sind literarisch hinreichend beschrieben. Wenn alle diese Fakten berücksichtigt werden, sollte in Kombination mit dem körperlichen Untersuchungsbefund und gerade auch der Sonografie, auch eine Verbesserung der Diagnosegüte in der alltäglichen Praxis erzielt werden können.
Ein Defektareal in der Rotatorenmanschette entdeckte die Magnetresonanz-tomographie mit einer Sensitivität von 82,7%. Spezifität und Genauigkeit betrugen 84,2% und 81,9%. Mit einem positiv prädiktiven Wert von 81,9% ist auch der Anteil an „falsch positiv"-Werten relativ gering. Ähnliche Werte erreicht sie auch bei der Diagnose einer verschleißbedingten Ausdünnung (72,1%/ 92,3%/ 88,4%).
Unter den Begriff „Defektareal" wurde jede partielle und lokal begrenzte

Defektbildung bei erhaltener Kontinuität der Rotatorenmanschette zusammengefasst, die beschreibenden Charakter hat. Wie in der Studie von Balich et al [3] gingen Befunde wie „aufgefasert“, „aufgeraut“, „fibrotisch verändert“ usw. in diese Kategorie ein. Ebenso wurden Tendinitis bzw. Tendinose, die nicht mit einem Impingement im Zusammenhang standen, sowie Teildefekte der Rotatorenmanschette als Defektareal definiert, da auch diese nicht klar voneinander abgrenzbar sind [69]. Befunde mit erhaltener Kontinuität und im gesamten Verlauf degenerativem Verschleiß, ohne Kalibersprung oder begleitender Entzündung wurden unter „verschleißbedingter Ausdünnung“ zusammengefasst.

Die gängige Literatur unterscheidet zwar zwischen Teil- und Komplettdefekten, betont jedoch, die Schwierigkeiten, die mit deren Unterscheidung verbunden sind [3, 32, 38, 99, 110, 132, 142, 143]. Der Großteil der Literatur gibt Sensitivitäten zwischen 10% und 50% an [3, 99, 107, 110, 116, 137]. Die Werte sind deswegen so niedrig, weil kleinste Teildefekte meist als Tendinopathie diagnostiziert, sehr große hingegen eher als nicht retrahierte Komplettdefekte beurteilt werden [38, 132, 142].

Die Teildefekte treten sowohl bursa- wie auch gelenkseitig auf, wobei auch die Möglichkeit für einen Teildefekt besteht, der nicht an der Muskel- bzw. Sehnenoberfläche, sondern intramuskulär liegt [38, 132, 142].

Die gelenkseitigen Teildefekte der Rotatorenmanschette stellen die häufigste Lokalisation dar [42, 94, 123, 149]. Sind sie klein, können sie nur erkannt werden, wenn sich Flüssigkeit im angrenzenden Gelenkraum befindet, die in den oberflächlich gelegenen Defekt eintritt [38, 132, 142]. Da aber freie Flüssigkeit, die auch schon für sich ein Hinweis für eine stattgehabte Verletzung sein kann [38, 63, 70, 99, 132, 142, 154] bis zu einer gewissen Menge eine Normvariante darstellt, ist dieses Zeichen in dieser Hinsicht nicht sehr verlässlich [20, 64, 82, 138, 142]. Die bursaseitig gelegenen Teildefekte entziehen sich diesem Phänomen, da sie keine Kommunikation zum Gelenkbinnenraum besitzen, es sei denn, sie sind mit einer aktiven Bursitis vergesellschaftet [38, 132, 142].

Aus diesem Grund ist bei diesen auch keine Verbesserung der Ergebnisse zu erwarten, wenn man intraartikulär ein Kontrastmittel appliziert, wie es hingegen bei gelenkseitigen Teildefekten der Rotatorenmanschette der Fall ist [36, 55, 65, 95]. Für eine genauere Evaluation muss man eine Bursographie anschließen

[150]. Damit verliert die Untersuchungsmethode den Vorteil der Nicht-Invasivität.
Weitere Hinweise können sich aus fokalen Kaliberschwankungen ergeben, die allerdings auch auf einer leicht innenrotierten Stellung des Armes beruhen kann, wobei sich der Muskelbauch des M. infraspinatus an den M. supraspinatus anlegt und dabei eine Größenveränderung simulieren kann [138]. Dies kann auch zur Fehldiagnose einer ödematös aufgetriebenen Sehne führen [37], und bei der entsprechenden Aufnahmeposition ein hyperintenses Signal durch Signalüberlagerung verursachen, das auch hinweisend auf einen Defekt ist [38, 63, 70, 99, 132, 142, 154]. Die Ursachenvielfalt einer erhöhten Signalintensität wurde im vorherigen Gliederungspunkt ausführlich dargelegt, und geht deshalb nicht erneut in die Diskussion ein (siehe Seite 55 ff).
Da es in der Literatur keine Studie mit einer ähnlichen Kategorie gibt, kann man die Ergebnisse dieser Studie auch nicht mit dem Schrifttum vergleichen.
Die Werte, die die MRT hier erzielt hat bewegen sich fast alle über 80% und gehören damit dem oberen Bereich an.
Da es sich bei den Pathologien, die in den Kategorien Defektareal und verschleißbedingte Ausdünnung zusammengefasst wurden, fast ausschließlich um Veränderungen handelt, die nicht operativ versorgt werden müssen, kann dieses Wissen zunächst einmal positiv in die Therapieplanung eingehen, und eine Operation vermeiden.
Wie aber aus der Studie hervorgeht, wurden alle aufgenommenen Patienten auch arthroskopiert. Allerdings nicht wegen der mittels MRT gestellten Befunde, sondern hauptsächlich wegen der vorherrschenden Klinik, meist geprägt von Schmerz und funktioneller Einschränkung und deren Persistenz unter konservativer Therapie.
Einzig operativ versorgt werden müsste ein großer Teildefekt, dessen klinische Symptome (meist Schmerz mit Kraftminderung/bzw.-aufhebung und Bewegungseinschränkung) unter konservativer Therapie keine Besserung zeigen. Eine Progredienz eines Teildefekts in einen Komplettdefekt konnte bisher nicht nachgewiesen werden [119].

Das Erkennen und die Einteilung von pathologischen Veränderungen der knöchernen und knorpeligen Gelenkflächen, sind in Hinsicht auf erhaltene Stabilität und Funktion des Schultergelenks von erheblicher Bedeutung.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Beurteilung des Humeruskopfes unterscheiden sich in dieser Studie erheblich, was einerseits einen Knorpelschaden, andererseits das Vorliegen einer Hill-Sachs-Delle betrifft.

Die Magnetresonanztomographie erzielte hinsichtlich einer Hill-Sachs-Delle eine Sensitivität von 72,7% und eine Spezifität von 91,6% bei einer Genauigkeit von 89,7%. Diese Ergebnisse liegen in der, von der Literatur berichteten Spanne [28, 62, 63, 110], wobei dort auch Sensitivitäten von knapp 100% angegeben werden [1, 148].

1940 identifizierten Hill und Sachs eine Verbindung zwischen stattgefundener Auskugelung der Schulter und einer Impressionsfraktur an der posterolateralen Zirkumferenz des Humeruskopf [53]. Sie statuierten, dass der Humeruskopf bei einer anterior-inferioren Luxation, die gleichzeitig die häufigste Form der Schulterluxationen darstellt, beim Herausgleiten aus der Gelenkpfanne über deren unteren Rand schert, und dabei geschädigt wird. Die Prävalenzen dieser Impressionsfraktur bei stattgehabter Luxation werden in der Literatur mit bis zu 100% angegeben [17, 53, 113]. Workmann et al (1992) geben eine Prävalenz von 47% bei Erstinzidenz und 100% bei wiederholter Schulterluxation an [148].

Eine weitere Stadieneinteilung kann nach Calandra et al (1989) vorgenommen werden [17].

Grad 1 beschreibt eine Impression, die sich jedoch nur auf die Knorpelschicht des Humeruskopfes ausdehnt. Bei Grad 2 und Grad 3 ist jeweils die Knorpel-Knochen-Grenze durchbrochen, wobei Grad 3 eine ausgedehnte osteochondrale Läsion bezeichnet. Eine Hill-Sachs-Delle Grad 1 scheint für die MRT ohne intraartikulär appliziertes Kontrastmittel nicht erkennbar [28]. In den vorliegenden Befunden wurde diese Stadieneinteilung nie vorgenommen.

Mit einem positiv prädiktiven Wert von 48,5% und einer Prävalenz von 9,8% diagnostizierte die MRT bei 16 Patienten eine Hill-Sachs-Delle, obwohl eine solche bei der Arthroskopie nicht gefunden werden konnte.

Dies mag auf eine mögliche Fehldeutung einer Humeruskopfdelle zurückzuführen sein. Sie wird auch bei Schultern ohne Luxationsereignis gefunden [111], und stellt einen deutlich ausgeprägten Übergang an der Knorpel-Knochen-Grenze dar. Diese liegt aber gewöhnlich weiter distal als eine Hill-Sachs-Delle [111]. Andererseits können auch subchondrale Zysten im Humeruskopf eine Hill-Sachs-Delle vortäuschen [48].

Des Weiteren gibt es Anzeichen dafür, dass es auch extraartikulär zu einer Hill-Sachs-Delle kommen kann, wobei deren Mechanismus bisher ungeklärt ist [28]. Bei Denti et al (1995) wurden die Hälfte aller diagnostizierten Hill-Sachs-Dellen als extraartikulär gelegen befundet [27], was erklären würde, warum eine Humeruskopfimpression von der Arthroskopie nicht immer erfasst werden kann.
Allerdings muss man sich verdeutlichen, dass die Hill-Sachs-Delle einen Nebenbefund darstellt, der klinisch nicht relevant ist und für den es keine Therapie gibt [81], und lediglich einen Hinweis auf ein stattgehabtes Luxationsereignis abgibt.

Gänzlich anders sieht dies bei Knorpeldefekten an Humeruskopf und Schulterpfanne aus, die in dieser Untersuchung von der MRT nur zu 52,7% bzw. 46,4% erkannt wurden. Allerdings eignet sie sich mit einer Spezifität von 94,1%/97,6% und einem NPW von 85,9%/84,5% bedingt zur Ausschlussdiagnostik.
Da es keine Arbeiten gibt, die sich eingehend mit der Knorpelschicht im nativen MRT beschäftigen, können diese Werte kaum verglichen werden. In der einzig vergleichbaren Studie unserer Kenntnis wurden von Guntern et al (2003) die Knorpelflächen des Glenohumeralgelenks mittels MR-Arthrographie untersucht und mit den operativen Ergebnissen verglichen. Das Ergebnis für 2 unabhängige Untersucher ergab ebenfalls nur mittelmäßige Werte für Sensitivität (53% vs. 100%) und Spezifität (87% vs. 51%) bei schlechter Übereinstimmung [49]. Durch die niedrigen Werte der Sensitivitäten bestätigt sich das Bild, dass es äußerst schwer ist, die Knorpelschichten mit Sicherheit zu beurteilen [28, 56, 138]. Dies liegt vor allem an der geringen Schichtdicke des Knorpels von Humeruskopf (∅ 1,24mm) und Schulterpfanne (∅ 1,88mm), was eine Beurteilung hinsichtlich Signalveränderungen oder Oberflächendefekten äußerst schwierig macht [56].
Es ist von großer Bedeutung, einen Knorpelschaden der Fossa glenoidalis von einer Labrumläsion zu differenzieren, da diese häufig einer operativen Behandlung verlangen [136]. Von Interesse ist auch, eine mögliche Knorpelbeteiligung nach Trauma oder den Ausprägungsgrad einer artikulären Arthrose zu beurteilen, die ein Impingement-Syndrom vortäuschen kann. Die Kenntnis dieser Faktoren ist für die weitere Therapieplanung von maßgeblicher Bedeutung. Eine Arthrose ist zunächst durch konservative Therapie mittels

antiphlogistischer Medikation und Physiotherapie zu behandeln. Kommt es daraufhin zu keiner Besserung ist eine arthroskopische Glättung der Knorpelflächen angezeigt, die bei den meisten Patienten zu deutlicher Reduzierung der Beschwerden führt [146].
Augrund der vorliegenden Ergebnisse scheint die Magnetresonanztomographie die knorpeligen Elemente des Schultergelenkes nicht hinreichend beurteilen zu können.

Das Labrum glenoidale ist ein faseriger Ring, der um die knöcherne Schulterpfanne herum aufsitzt, und ihrer Vertiefung und Flächenvergrößerung dient. Dadurch besitzt es selbst einen stabilisierenden Effekt, und beugt damit einer Schulterluxation vor.
Die Verletzung des Labrums tritt vor allem im Zusammenhang mit einer Schulterinstabilität auf. Es kann aber auch bei einer isolierten Schädigung selbst eine funktionelle Instabilität verursachen [24, 137, 153].
Die korrekte Identifizierung von Labrumläsionen gelingt nur in 32,2% aller Fälle. Bei einer Prävalenz von 44,2% werden 67 von 99 Schäden hinsichtlich ihrer Art, Ausdehnung und Lage falsch beurteilt. Ein positiv prädiktiver Wert von 41,6% und ein negativ prädiktiver Wert von 54,4% bedeuten nur eine 50%ige Chance, dass die Ausführungen der Radiologen der tatsächlich vorliegenden Situation entsprechen. Dies spiegelt sich in der Genauigkeit von 50,0% wieder.
Wenn man die Kriterien für die statistische Auswertung niedriger ansetzt, d.h. lediglich Positivdiagnosen von Negativdiagnosen zu unterscheiden, werden die Resultate automatisch besser. Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit erhöhen sich dadurch auf jeweils 57,6%, 64,0% und 61,2%. Da jedoch die Art der Veränderung und ihr Stadium von immenser Bedeutung für eine adäquate Therapieführung sind, ist dieses Konzept nicht anwendbar.
Das Labrum ist nach der Rotatorenmanschette die in der Literatur am häufigsten abgehandelte Struktur des Schultergelenks [21, 25, 36, 41, 72, 79, 88, 153].
Die berichteten Sensitivitäten haben eine hohe Schwankungsbreite von 33% [36] bis 95% [72]. Mit den Schwierigkeiten, die sich bei der Beurteilung einer nativen MRT-Aufnahme ergeben, beschäftigt sich die Literatur ausführlich [37, 64, 75, 79, 88].
Das Labrum glenoidale erscheint in allen Sequenzen als Struktur mit niedriger

Signalintensität, wie auch die knöcherne Schulterpfanne. Die dazwischen liegende Knorpelschicht weist in T_1-gewichteten Bildern eine intermediäre Signalintensität auf, was eine Ablösung des auf ihr ansitzenden Labrums simulieren kann. Dieser Effekt verschwindet jedoch bei Betrachtung der T_2-gewichteten Aufnahmen, da hier auch der hyaline Knorpel isointens mit den umliegenden Geweben erscheint [64, 75, 88, 136].

Das anteriore Labrum schwankt in seiner Form mehr als das posteriore. Das vordere Labrum ist in der Hälfte der Fälle als dreieckige Struktur in der MRT auffindbar. Allerdings kann es in den restlichen Fällen auch als rund, oval, eingekerbt, gespalten, flach oder gar nicht vorhanden angetroffen werden. Das hintere Labrum wird dagegen vorwiegend in seiner dreieckigen Form vorgefunden, und nur in Ausnahmen als rund, flach oder nicht vorhanden beschrieben. Das superiore Labrum zeigt sich so gut wie immer in seiner dreieckigen Konfiguration [37, 64, 75, 88, 136].

Ein geschädigtes Labrum weist ebenso wie andere Strukturen eine erhöhte Signalintensität auf. Trotzdem halten McCauley et al (1992) es nicht für möglich, anhand dieses Umstandes ein pathologisches von einem unveränderten Labrum zu unterscheiden, da sich eine erhöhte Signalintensität auch bei 46% in einem asymptomatischen Patientengut finden ließ [79]. Sie empfehlen die Pathologie anhand einer abnormen, d.h. von der dreieckigen abweichenden Form zu diagnostizieren, da abnorme Formen bei 89% aller Labrumrisse allerdings nur bei 23% nicht veränderter Labra nachweisbar sind.

Wie auch schon in der Diskussion über die Pathologie der Rotatorenmanschette erläutert, nimmt der „magic-angle“-Effekt eine wichtige Stelle bei den Möglichkeiten für eine Über- oder Fehlinterpretation des Labrums ein [32, 34, 51, 130].

Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit, dass der glenoide Knorpel die Basis des Labrums unterminiert, und dadurch auf einer MRT-Aufnahme einem Labrumeinriss ähnelt [72, 75]. Des Weiteren gibt es anatomische Variationen, die man unbedingt von einer pathologischen Veränderung abgrenzen muss. Den *Buford-Komplex* [131] und das *sublabrale Foramen* [77], die beide Labrumeinrisse mit Beteiligung der LGH simulieren können [6, 8, 75].

In unserer Studie zeigte sich eine Prävalenz für Labrumläsionen von 48,7%.

Dabei handelte es sich um 30 Bankart-Läsionen, 18 Andrews-Läsionen, 14 SLAP-Läsionen sowie 2 Bennet-Läsionen. Die übrigen 35 als „Sonstige“ klassifizierten Labrumveränderungen konnten nicht in eine gängige Klassifikation eingeteilt werden. Bei ihnen wurde Lokalisation und Ausmaß der diagnostizierten Veränderungen verglichen.
Topographisch kann man die Labrumläsionen in verschiedene Typen unterteilen. Beginnend am Bizepssehnenanker, das obere Larum betreffend zeigt sich die SLAP-Läsion [122]. Im anterioren superioren Bereich tritt die Andrews-Läsion auf [2]. Im vorderen unteren Bereich finden sich die Bankart-Läsion [4, 5, 9, 33], die ALPSA-Läsion [91] und die GLAD-Läsion [92]. Dem gegenüber kommt es im unteren hinteren Bereich zur Bennet-Läsion [7] und im hinteren oberen Anteil zur Walch-Läsion als posteriores superiores Glenoid-Impingement [144]. Bei in dieser Studie nicht aufgetretenen Läsionen unterbleibt eine ausführliche Diskussion.

1990 beschrieben Snyder et al eine Verletzung des oberen Labrums, die posterior begann und sich nach anterior z.T. in ihrer Ausdehnung sogar bis zum Bizepssehnenansatz am Labrum glenoidale erstreckt [122]. Sie nannten diese Verletzung die SLAP-Läsion (**S**uperior **L**abral **A**nterior to **P**osterior tear). Die SLAP-Läsion kann durch akutes Trauma bei Sturz auf den ausgestreckten Arm oder durch plötzliche starke Kontraktion des M. biceps brachii entstehen. Des Weiteren wird sie auch bei Athleten gefunden, die eine Sportart ausüben, bei der es zu hohen Überkopfbelastungen des Armes kommt (Tennis, Baseball, Wurfdisziplinen in der Leichtathletik, Schwimmen) [55, 77].
Die SLAP-Läsion kann nach SNYDER in vier verschiedene Typen unterteilt werden.
Bei Typ I erscheint das obere Labrum degenerativ verändert, allerdings immer noch fest mit dem Glenoid verbunden. Bei Typ II finden sich sowohl das obere Labrum wie auch die Bizepssehne von der Schulterpfanne abgelöst vor. Typ III umfasst einen Korbhenkelriss des oberen Labrums, wobei der Bizepssehnenansatz selbst stabil bleibt. Ist dieser gelöst und somit instabil, spricht man von einer Typ IV SLAP-Läsion [122]. Die supraglenoidale Fraktur mit Labrumablösung wurde von Iannotti (1992) beschrieben [59]. 1995 erweiterten Maffet et al die bestehende Klassifikation um weitere 3 Typen. Bei Typ V sieht

man eine SLAP-Läsion Typ II kombiniert mit einer Bankart-Läsion im anterioren-inferioren Bereich. Typ VI bezeichnet eine SLAP-Läsion Typ II, jedoch mit einem instabilen Labrumeinriss am Bizepssehnenanker. Schließlich zeigt sich bei Typ VII eine SLAP-Läsion Typ II deren Ausdehnung des Labrumeinrisses nach vorne bis zum Lig. glenohumerale medium reicht [76].

Bei einer Prävalenz von 6,3% wurden in der vorliegenden Untersuchung nur 5 von 14 SLAP-Läsionen von der MRT identifiziert. Dies entspricht einer Sensitivität von 35,7%. Bei den restlichen 9 Patienten entschied der Radiologe auf „ohne Befund".

Die SLAP-Läsion ist die einzige Kategorie in dieser Studie, bei der die MRT keine „falsch negativ"-Diagnose stellte.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Beurteilung des oberen Labrums mittels nativer MRT keine zufrieden stellende Aussagekraft besitzt [54, 72]. Dort wird von Sensitivitäten von über 70% berichtet, was immer noch doppelt so hoch ist, wie in der vorliegenden Studie. Viele Autoren sehen die Beurteilung von intraartikulären Weichteilstrukturen grundsätzlich als fast unmöglich an, weshalb von ihnen die MR-Arthrographie als Methode der Wahl angesehen wird [21, 26, 36, 65, 96, 97]. Durch die intraartikuläre Kontrastierung soll es möglich sein Weichteilstrukturen, wie ein gerissenes oder abgelöstes Labrum besser sichtbar zu machen, da sich das Kontrastmittel in der geschädigten Struktur anreichert und sich auch unter dem abgelösten Labrum ausbreiten kann.

1999 konnten Connell et al eine Sensitivität von 98,0%, eine Spezifität von 89,5% und eine Genauigkeit von 95,7% für die Beurteilung von SLAP-Läsionen mittels nativer MRT erzielen [25]. Verglichen mit den Werten der vorliegenden Studie, kann man nur vermuten, dass solche Ergebnisse nur unter „Laborbedingungen" zu erhalten sind.

Ebenso gelingt in der Untersuchung von Connell et al (1999) die Einteilung in die verschiedenen Subtypen I-VI nach SNYDER problemlos [25].

Von den MRT-Befunden in der vorliegenden Studie führte keiner eine weiterführende Stadieneinteilung auf.

Da nur Typ II und Typ VI nach SNYDER eine eindeutige Operationsindikation darstellen, erscheint es fraglich, ob die Diagnose einer SLAP-Läsion ohne diese Stadieneinteilung überhaupt von Nutzen ist.

Sensitivitäten von 35,7% und 33,3%, wie in dem vorliegenden Fall rechtfertigt

eine so kostenintensive Untersuchungsmethode wie die native Magnetresonanztomographie nicht. Sie scheint nicht in der Lage weder die Andrews-Läsion noch die SLAP-Läsion in einem ausreichenden Maße diagnostizieren zu können.

In die Diskussion der Pathologie des oberen Labrums geht auch die Andrews-Läsion ein. Sie wird in der Literatur hinsichtlich der MRT-Beurteilbarkeit nicht erwähnt.

In unserer Studie wurde die Andrews-Läsione mit einer Sensitivität von 33,3% erkannt. Bei einer Prävalenz von 8,0% blieben 11 von ihnen unentdeckt und eine falsch diagnostiziert. Bei einem positiv prädiktiven Wert von 50,0% stellt die MRT 6 „falsch positiv“-Diagnosen.

Bei der Andrews-Läsion handelt es sich um eine Degenerations- oder auch Rissbildung im vorderen Abschnitt des oberen Labrums glenoidale [2].

Ursächlich kommen bei dieser, fast ausschließlich auf Athleten von Wurfsportarten bezogene Veränderung, starke Zugbeanspruchungen vom Arm in Abduktions- und auswärts rotierter Stellung. Diese führen zu fortwährendem Verschleiß und bei etwa plötzlichem starkem Zug zur Rissbildung im superior anterioren Anteil des Labrums. Diskutiert wird auch eine Form des humeralen Impingements.

Bei der vorderen Schulterluxation kommt es insbesondere bei Patienten bis 35 Jahre häufig zu einer Abscherung des vorderen unteren Randes des Labrum glenoidale [4, 5, 9, 33]. Dieser Verletzungsmechanismus wurde bereits von Bankart 1923 dargestellt [5]. Er war zwar nicht der erste, der diese Art der Labrumläsion beschrieb, trotzdem wird sie heute nach ihm benannt, da er noch öfters über diese Verletzung veröffentlichte [4, 5].

Die Bankart-Läsion kann nach ROWE in vier Typen unterteilt werden.

Bei Typ I ist das Labrum und die Kapsel bis 0,5cm nach medial vom knöchernen Pfannenrand losgelöst. Typ II hat die gleiche Morphologie, allerdings beträgt die Loslösung nun bis 1cm. Bei Typ III ist der kapsulolabrale Komplex bereits 1,5cm abgelöst, oder sogar vollständig abgerissen. Typ VI zeigt schließlich das Bild einer Pfannenrandfraktur.

Dieser Einteilung kann man auch bei der MRT folgen und sie wird als anwendbar beschrieben [50, 66, 79], wurde jedoch in keinem der Fälle vorgenommen.

Da für die Bankart-Läsion bis auf wenige Ausnahmefälle eine eindeutige

Operationsindikation besteht, kommt dieser Punkt nicht zum Tragen.
Ein Versuch von Green und Christensen (1994), die MRT für die präoperative Planung heranzuziehen, indem sie ein neues Bewertungschema entwickelten scheiterte. Sie befanden die MRT dafür ungeeignet zu sein, da sich durch das neue Klassifikationssystem nur in 22% eine positive Übereinstimmung ergab [46].
In der vorliegenden Studie wurden 17 von 30 Bankart-Läsionen durch die MRT identifiziert. Keine von ihnen wurde hinsichtlich der Einteilungskriterien nach ROWE klassifiziert. Damit wurden eine Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit von jeweils 56,7%, 87,1% und 83,0% erzielt. Bei 10 der 30 Läsionen, konnte die MRT keinerlei Schäden erkennen. Die Magnetresonanztomographie erbrachte ihrerseits 25 Fehldiagnosen, von denen wiederum 13 in der Arthroskopie als regelrecht beurteilt wurden. Die anterioren inferioren Labrumläsionen wurden in der Literatur ausführlich beschrieben [21, 36, 41, 50, 66, 72, 79, 140]. Es besteht eine große Schwankungbreite in ihren Sensitivitäten, die von 33% [36] bis 90% [50] reicht. Eine adäquate Beurteilung des labro-ligamentären Komplexes ohne vorherige intraartikuläre Kontrastmittelgabe scheint nicht möglich. Die Differenzen in der Literatur rührt möglicherweise von einem höheren Anteil an frisch verletzten Patienten her, bei denen sich traumabedingt Erguss im Gelenk befindet und zu einer verstärkten Kontrastierung führt.
Nach den vorliegenden Daten bewertet, kann eine Nativ-MRT der Schulter weder dazu beitragen eine Bankart-Läsion adäquat zu diagnostizieren, noch diese sicher auszuschließen.

Als Schädigung des posterioren Labrums, die isoliert nur am hinteren Anteil des Labrums vorzufinden ist, wurde die Bennet-Läsion erstmals 1941 beschrieben [7].
Dabei handelt es sich um eine osteophytäre Reaktion mit Sklerosierung, Abrundung und Verplumpung des hinteren unteren Pfannenrandes. Sie ist die seltenste Labrumläsion, die entweder durch eine posteriore Schulterluxation oder aber als Überlastungsschaden bei Pitchern des Baseballs vorkommt.
Beide Bennet-Läsionen, die im vorliegenden Patientengut aufgetreten sind wurden von der MRT als „ohne Befund“ eingestuft. In der Literatur gibt es nur wenige Veröffentlichungen zu dieser Labrumläsion, die im Zusammenhang mit

der Magnetresonanztomographie Stellung nehmen. Die meisten von ihnen diskutieren verschiedene Pathomechanismen und klinische Erscheinungsbilder. Einigkeit besteht über den Zusammenhang zwischen Baseball und dieser Schädigung. Ausgehend von den Werten dieser Studie kann die MRT eine Bennet-Läsion sowie auch die sonstigen Labrumveränderungen nicht zuverlässig erkennen.

Eine entscheidende Bedeutung kommt der Pathologie der Bizepssehne zu, da sie einerseits als einer der Stabilisatoren der vorderen Schultergelenkkapsel eine Rolle hinsichtlich der Instabilität der Schulter eine Rolle spielt [37, 93, 138]. Andererseits ist sie auch bei Impingement [63], SLAP-Läsionen des Labrums [123] und Sehnenrissen des M. subscapularis beteiligt [18, 73, 101, 135].
Der lange Kopf der Bizepssehne hat seinen Ursprung am Oberrand des Labrum glenoidale. Von dort zieht er intraartikulär unter dem Lig. coracohumerale, dem Lig glenohumerale superius, dem M. supraspinatus und dem M. subscapularis in die Bizepssehnenscheide im Sulcus intertubercularis. Die umgebenden Weichteile stabilisieren damit die Führung der Bizepssehne, und sind schon aus diesem Grund eng mit ihrer Pathologie verbunden [93].
Die MRT gilt für die Erkennung der Pathologie der Bizepssehne als äußerst sensitiv und spezifisch [19, 68]. In der vorliegenden Studie zeigte sich jedoch das Gegenteil. Es wurde zwischen vier Pathologien unterschieden. Der Entzündung, der verschleißbedingten Ausdünnung, der Ruptur und der Dislokation. Die ersten drei Kriterien erkannte die MRT mit einer Sensitivität von jeweils 50,0%/21,7%/36,4%, d.h. nicht einmal die Hälfte aller krankhaft veränderten Sehnen werden erkannt. Da die Arthroskopie als Goldstandard gilt, muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Anzahl an Erkrankungen noch höher ist, weil ihr die Veränderungen, die extraartikulär liegen, entgehen [33, 93].
Auch bei der Bizepssehne gelten ähnliche Kriterien, wie bei der Pathologie der Rotatorenmanschette, die für einen pathologischen Vorgang sprechen [55]. Dies sind das gänzliche Fehlen der Bizepssehne im Sulkus, hinweisend auf eine Ruptur oder eine Dislokation. Eine Erhöhung der Signalintensität spricht für einen Teilriss der Sehne. Unregelmäßigkeiten in Kontur und Durchmesser, komplette Ausdünnung, Obliteration oder Verdickung der Sehnenscheide, die Sehne umgebende Flüssigkeit werden bei jeglicher Art von entzündlichen und

verschleißbedingten Prozessen beobachtet. Ebenso lang ist die Liste der möglichen Fehlerquellen für eine Fehlinterpretation. Veränderungen, die das entzündliche und verschleißbedingte Bild bestimmen, konnten ebenso bei asymptomatischen Patienten nachgewiesen werden [33, 64, 89, 93, 138, 142]. So konnte Flüssigkeit in der Sehnenscheide um die Bizepssehne herum bei 42% aller asymptomatischen Schultern festgestellt werden [33, 64]. Als differential-diagnostisches Kriterium gegenüber einer akuten Entzündungsreaktion gilt jedoch das nicht vollständige Umschließen der Bizepssehne durch die Flüssigkeit. Auch ein hyperintenses Signal kann bei bis zu 30% als Normvariante bei Gesunden gesehen werden [64, 75, 82, 89, 142], oder auch durch den „magic angle"-Effekt hervorgerufen werden [32, 33, 34, 51, 130].
Einzig die Subluxation der langen Bizepssehne wurde von den Untersuchern zufrieden stellend erkannt. Da ihre Prävalenz bei nur 1,8% lag, unterblieb eine statistische Auswertung. Die MRT erkennt 3 von 4 luxierten Sehnen, bei einem „falsch positiv"-Befund.
Die Subluxation der Bizepssehne ist fast immer mit Schädigungen der Subskapularissehne, den Ligg. glenohumeralia oder dem Lig. coracohumerale vergesellschaftet [19, 43, 106, 145]. Voraussetzung für die Dislokation (meist vor die Subskapularissehne) aus der Sehnenscheide heraus stellt ein gerissenes oder überdehntes Lig. coracohumerale dar, welches die Bizepssehne bei Außenrotation und Abduktion des Armes die Bizepssehne in ihrem Sulcus hält [106, 145]. Dieses Band wurde allerdings in keinem der vier Fälle erwähnt.
Angesichts der niedrigen Sensitivitäten, die die MRT in der Studie erzielt hat, eignet sie sich nicht für die Erkennung einer Pathologie der Bizepssehne mit Ausnahme der Subluxation. Da diese klinisch sehr selten angetroffen wird, kann die Dislokation die Aussagekraft nicht wirklich aufwerten. Betrachtet man den positiven prädiktiven Wert eine Entzündung betreffend, der mit 25% viermal so viele Entzündungen ausweist, wie eigentlich vorhanden waren, muss man sich vergegenwärtigen, dass eine Fehldiagnose eine inadäquate Therapie nach sich ziehen kann. Der Umstand, dass der Arthroskopie alle extraartikulär gelegenen Schäden entgehen, kann diese Werte allein nicht erklären.

In einer zentralen Rolle für eine vordere Schulterinstabilität betreffend, steht die Sehne des M. subscapularis. Zusammen mit dem labro-ligamentären Komplex

stellt er im vorderen Anteil des Schultergelenks den Hauptstabilisator dar [24, 101, 114, 142]. Zugleich dient er dem Kräftegleichgewicht zum hinteren Teil der Rotatorenmanschette, gebildet aus M. teres minor und M. infraspinatus [142].
Die MRT erreichte bei der Beurteilung der Subskapularissehne die schlechtesten Werte der gesamten Studie. Die Sensitivität für verschleißbedingte Ausdünnung und Kontinuitätsunterbrechung waren jeweils 10,5%/28,6%, der positiv prädiktive Wert dem entsprechend 40%/40%. Eine statistische Auswertung, hinsichtlich einer Entzündung der Subskapularissehne konnte nicht vollzogen werden, da die Prävalenz mit 1,8% nicht die geforderten 5% aufweist (4 von 224 Patienten; keine von der MRT erkannt).
Interessant ist an dieser Stelle, dass die MRT durch die niedrigen Sensitivitäten viele Erkrankungen übersieht, allerdings zeigt sich durch die niedrigen positiv prädiktiven Werte eine hohe Anzahl an „falsch positiv"-Diagnosen.
Was eine Entzündung und eine verschleißbedingte Ausdünnung angeht, gelten die gleichen Beurteilungskriterien und deren Differenzierung von Normvarianten und der Möglichkeit zur Fehlinterpretation, wie schon bei der Diskussion der Rotatorenmanschette dargestellt (siehe Seite 55 ff.).
Ein isolierter Komplettdefekt der Subskapularissehne wird in der Literatur mit einer Inzidenz von 2% bis 6% angegeben [73, 101]. Für diese Verletzung wird das korakoide Impingement verantwortlich gemacht, bei dem es durch eine glenohumerale Instabilität zu einer Einengung der Subskapularissehne zwischen Proc. coracoideus und dem laxierten Humeruskopf kommt, und schließlich durch fortwährende Mikrotraumen reißt [30, 45].
Der isolierte Komplettdefekt kann auch nach direktem Anpralltrauma vorkommen [132, 152]. Meistens ist der Komplettdefekt der Subskapularissehne eine Begleitverletzung bei einer ausgedehnten Rotatorenmanschettenverletzung oder einer medialen Luxation der Bizepssehne [73, 101, 152]. Beide Vorkommen erklären sich durch die anatomische Nähe zu den jeweiligen Strukturen. Was allen Defekten gemein ist, ist das prädisponierende Alter der Patienten über 40 Jahren [90, 152]. Dieser Umstand erklärt sich dadurch, dass ein Komplettdefekt einer Muskelsehne durch ein Akutereignis nur zustande kommen kann wenn diese bereits durch Trauma oder Verschleiß vorgeschädigt ist.
Die große Bedeutung der Subskapularissehne, hinsichtlich einer anterioren Schulterinstabilität ist in der Literatur ausführlich beschrieben [24, 78, 114]. Die

radiologische Literatur gibt für ihre Identifizierung und Beurteilbarkeit Werte zwischen 70% und 100% an [55, 62, 102, 107, 110, 139]. Umso erstaunlicher ist es, dass nur 45 von den 224 vorliegenden Befunden, die Subskapularissehne in ihre Beurteilung benennen (entspricht 20,1%). Ein möglicher Grund könnte sein, dass nur im Falle einer festgestellten Veränderung die Subskapularissehne gesondert genannt wird und sie ansonsten zur Rotatorenmanschette im Allgemeinen gerechnet wird. Durch die schwachen Ergebnisse, welche die MRT in der Studie erzielt hat, scheint sie nicht befähigt, die Subskapularissehne in einem ausreichenden Maße beurteilen zu können, und weder Aussagekraft über eine Instabilität noch das korakoide Impingement zu besitzen.

Die Schäden der Ligamenta glenohumeralia (LGH) stehen wie die Subskapularissehne, im Mittelpunkt der Frage nach einer anterioren Instabilität. Besonders das Lig. glenohumerale inferius (LGHI) aber auch das Lig. glenohumerale medium (LGHM) werden als einer der Hauptstabilisatoren des vorderen Schultergelenks angesehen [13, 40, 97, 138].
Die LGH stellen eine Verdickung der vorderen Gelenkskapsel dar [97, 153].
Das Lig. glenohumerale superius (LGHS) weist eine gleich bleibende Struktur auf und wurde bei Untersuchungen an Leichen bei bis zu 97% gefunden [6]. Das LGHM variiert im Erscheinungsbild hinsichtlich der Kontur und des Durchmessers am stärksten [9, 26, 75], und fehlt in der Leichenuntersuchung sogar bei 27% [6]. Um das LGHI am besten zu visualisieren, sollte die Schulter in der so genannten ABER-Position untersucht werden, wobei der Arm abduziert und aussenrotiert (abduction and external rotation) wird, da es erst durch die Spannung, die diese Haltung in ihm verursacht gut vom Labrum abgegrenzt werden kann [26, 40, 97].
Was die Beurteilungsfähigkeit der LGH angeht, stellt sich die Literatur uneinheitlich dar. Während Chandani et al (1993) in ihrer MRT-Vergleichsgruppe eine Sensitivität von 93% vorweisen [21] und die Identifizierung der LGH als „problemlos“ dargestellt wird [75], sehen andere die Beurteilung nicht so optimistisch [64, 136]. Die Beurteilung wird erleichtert, wenn ein frischer Gelenkserguss vorliegt, oder intraartikulär Kontrastmittel appliziert wird [21, 40].
Eine Verletzung der LGH ist häufig mit Labrumeinrissen assoziiert [6, 9, 90, 91]. Sie imponieren dabei verdickt, wellenförmig, unregelmäßig in der Kontur und

weisen eine erhöhte Signalintensität auf [6].
In seltenen Fällen kommen auch isolierte Risse der LGH vor [6].
Des Weiteren gibt es anatomische Variationen, die man unbedingt von einer pathologischen Veränderung abgrenzen muss. Den *Buford-Komplex* [131] und das *sublabrale Foramen* [77], die beide Labrumeinrisse mit Beteiligung der LGH simulieren können [6, 9, 75].
Da in der vorliegenden Studie die Prävalenz für pathologische Veränderungen aller LGH unter 5% lagen, wurden sie von der statistischen Verwertung ausgeschlossen. In der Arthroskopie konnten 8 gerissene LGHI, 6 gerissene LGHM und 3 gerissene LGHS gefunden werden. Allesamt wurden von der MRT als normal beurteilt.
Obwohl sich die Literatur über die Wichtigkeit der Ligamenta glenohumeralia einig ist, wurden diese nur bei 22 der vorliegenden 224 MRT-Befunde (entspricht 9,8%) erwähnt.
Die Nativ-MRT kann somit nicht als geeignet angesehen werden, die LGH zu beurteilen oder eine anteriore Instabilität festzustellen, bzw. diese auszuschließen.

Bei der Gegenüberstellung der „Gruppe Murnau“ mit der „Gruppe Fremd“ zeigt sich zwar kein deutlicher Unterschied, aber die in der Einleitung ausgesprochene Vermutung, eine radiologische Abteilung einer modernen Akutklinik sei mit ihrem hohen Patientendurchsatz ihren niedergelassenen Kollegen überlegen, scheint bestätigt zu werden.
So erzielte die Radiologieabteilung Murnau in der Gesamtbeurteilung durchschnittlich bessere Werte für Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit (siehe S.42, Tabelle 24).
Die niedergelassenen Radiologen (n=47) stellen eine heterogene Untersuchergruppe dar. Sie sollte bestens geeignet sein, die Leistung der niedergelassenen Radiologen in der täglichen Praxis realistisch zu überprüfen. Es gibt bisher keine publizierte Studie mit dieser großen Fallzahl von 224 Patienten und einer derart heterogenen Untersuchergruppe. Während die meisten Untersuchungen bemüht sind klinische Befunde oder den Patienten selbst von den Beurteilern fernzuhalten um eine möglichst große Objektivität zu gewährleisten, so hatten die Untersucher dieser Studie auf jeden Fall den vollen

Zugang, sofern sie diesen genutzt haben oder konnten. Diese Umstände mögen als Schwäche dieser Studie interpretiert werden; wir sehen sie allerdings als Stärke. Nur durch diesen Studienaufbau ist die Objektivität und Realitätsnähe zu gewährleisten, um die Qualität der radiologischen Befunde im Alltag zu überprüfen.

Im statistischen Vergleich hinsichtlich der Anzahl der im Befund aufgeführten Strukturen war ein methodischer Fehler nicht vermeidbar.
Da sich die „Gruppe 1-4“ aus denjenigen Untersuchern zusammengesetzt hat, die 4 und weniger Strukturen in ihren Befunden nannten, und nach dem Studienprotokoll nicht befundete Strukturen mit „ohne Befund“ in die Auswertung eingingen, kam es an dieser Stelle zu einer unverhältnismäßige hohen Anzahl an negativen Befunden. Dies führte schließlich zu sehr hohen Spezifitäten auf Seiten der „Gruppe 1-4“ (siehe S.48, Tabelle 25).
Diagnostisch war die „Gruppe 5-7“ ihrer Vergleichsgruppe z.T. deutlich überlegen. Es ist anzunehmen, je mehr Strukturen in einem Befund beschrieben werden, desto mehr pathologische Veränderungen werden auch entdeckt.
Es leuchtet ein, dass die Nennung aller an Funktion und Stabilität beteiligten Strukturen wichtig ist für die Diagnosefindung.

Weiterführende Diagnosemethoden können in der ärztlichen Arbeit nur sinnvoll sein, wenn sie einem die größtmögliche Sicherheit bietet die richtige therapeutische Konsequenz folgen zu lassen.
Dies ist eigentlich nur bei Untersuchungsmethoden mit Werten für jeweils Sensitivität und Spezifität von 100% möglich, die also weder eine gesunde Struktur als schadhaft, noch eine pathologische Veränderung als bedenkenlos einstufen.
Der Anteil von ausschließlich richtigen Befunden von 23,7% ist als solcher nicht als so schlecht einzustufen. 13 dieser Personen hatte keinerlei Veränderungen.
Durch die Kenntnis der z.T. sehr niedrigen Sensitivitäten für die einzelnen Pathologiekriterien, halten wir es für bedenklich, auf dem Boden eines radiologischen Befundes eine Therapieentscheidung sicher zu begründen (siehe S. 49 Tabelle 26)
Bei Betrachtung der Studienwerte hinsichtlich der erzielten Genauigkeit, fällt auf,

dass sich unsere Werte mit Ausnahme der Werte für die Pathologie des Labrums, im Bereich der Literaturangaben bewegen (S. 75 Tabelle 27).

In der vorangegangen Diskussion wurde die Ursache dafür bereits angesprochen. Bis auf die Pathologie der Rotatorenmanschette, blieb die MRT z.T. deutlich unter der von der Literatur berichteten Spanne für die Sensitivität. Durch den methodischen Fehler, alle nicht befundeten Strukturen mit „nicht verändert“ in die Studie eingehen zu lassen, führte dieses Vorgehen zu falsch hohen Spezifitäten, die sich damit auch auf die Genauigkeit auswirkten. Im englischen Sprachraum liegt die Betonung meist auf Sensitivität und Spezifität, die Genauigkeit dagegen wird häufig vernachlässigt.

Dadurch ist ein Vergleich mit Literaturangaben nicht in allen Segmenten möglich.

Tabelle 27:
Genauigkeit für die einzelnen pathomorphologischen Veränderungen im Vergleich mit der Literatur

BIZ := Bizepssehne
ROT := Rotatorenmanschette
SUB := Subskapularissehne
k.A. := keine Angabe

Struktur/Fragestellung	Gesamt	Murnau	Auswärtig	Literatur
ROT Impingement	79,0%	85,0%	72,1 %	75% [136][1]
ROT Defektareal	83,5%	77,5%	90,4%	77% [3] – 100% [95]
ROT Deg. Ausdünnung	88,4%	89,2%	87,5%	75% [136][1]
ROT Komplettdefekt	82,1%	85,0%	78,8%	68% [136] – 100% [138]
BIZ Entzündung	88,8%	85,8%	92,3%	72% [63][2]
BIZ Deg. Ausdünnung	82,6%	85,0%	79,8%	72% [63][2]
BIZ Ruptur	92,9%	95,0%	90,4%	72% [63][2]
BIZ Luxation	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung			
Labrumläsionen	45,5%	69,2%	18,3 %	62% [136][*] – 91% [1]
Knorpel Humeruskopf	83,9%	81,7%	86,5%	65% [49] – 77% [49]
Knorpel Schulterpfanne	84,8%	86,7%	82,7%	65% [49] – 67% [49]
SUB Entzündung	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung			
SUB Deg. Ausdünnung	91,1%	91,7%	90,4%	k.A. [**]
SUB Komplettdefekt	92,9%	93,3%	92,3%	k.A. [**]
Lig. Glenohumerale inf.	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung			
Lig. Glenohumerale med.	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung			
Lig. Glenohumerale sup.	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung			
Hill-Sachs-Delle	89,7%	90,0%	89,4%	60% [28] – 95% [62]

[1] Genauigkeit für Pathologien der Rotatorenmanschette ohne kompletten Sehnendefekt

[2] Kumulierte Genauigkeit für alle Pathologien der Bizepssehne

[*] genauere Angaben für: SLAP-Läsion 95% [72]
Anteriores Labrum 92% [72]
Bankart-Läsion 95% [63]

[**] keine Angaben für die Genauigkeit in der Literatur auffindbar

6. Zusammenfassung

Für die Beurteilung der Rotatorenmanschette zeigt die Magnetresonanz-tomographie (MRT) wie in der Literatur beschrieben zufriedenstellende Ergebnisse. Die Sensitivitäten bewegen sich zwischen 70% und 85%. Entgegen der Literatur sind in unserer Studie die Beurteilung der Veränderungen an der Subskapularissehne (Sensitivitäten zwischen 10,5% und 28,6%) und die Diagnose eines Impingement-Syndroms (Sensitivität 57,8%) nur unzureichend.
Die für die Erkennung der Pathologie der Bizepssehne höchste erreichte Sensitivität beträgt 50% bei einem positivem prädiktivem Wert (PPW) von 28% für die Entzündung der Bizepssehne. Unsere Ergebnisse decken sich nicht mit denen der Literatur, in der die MRT als äußerst sensitiv und spezifisch gilt.
Wie schon in der Literatur beschrieben, gestaltet sich die Beurteilung der Knorpelflächen von Humeruskopf und Schulterpfanne bis auf das Erkennen einer Hill-Sachs-Delle äußerst schwierig. Diese wird immerhin mit einer Sensitivität von über 70% erkannt, wobei ein PPW von 48,5% zu viele „falsch-positiv“-Diagnosen ausweist.
Die Gesamtheit der Labrumläsionen stellte in unserer Untersuchung mit 48,7% die größte Prävalenz dar. Mit einer Genauigkeit von 45,5% wurde das schlechteste Ergebnis der Studie erzielt, das sich nicht mit der Literatur deckt.
Da die glenohumeralen Bänder kaum beurteilt wurden, musste eine statistische Auswertung unterbleiben.
Eine zuverlässige Aussage über eine Instabilität des Schultergelenks kann in der vorliegenden Studie entgegen der Literatur nicht getroffen werden. Die Hauptstabilisatoren des Schultergelenks, die Subskapularissehne und das inferiore glenohumerale Ligament werden nur in 45 bzw. 22 (von insgesamt 224) Berichten genannt, was die Beurteilung unmöglich macht.
Nur 3 Befunde beschreiben alle 7 anatomischen Strukturen, die für Stabilität und Funktion maßgeblich sind. Überraschende Ergebnisse erbrachte die Unterteilung nach Anzahl der benannten Strukturen in den Befunden. Die Ergebnisse der beiden Untergruppen „1-4“ und „5-7“ unterscheiden sich im Mittel nicht. Demnach kann aus der Anzahl der befundeten anatomischen Strukturen kein Rückschluss auf die Güte des Ergebnisses gezogen werden.
Hinsichtlich der eingangs erwähnten Vermutung, die Radiologieabteilung eines

Akutkrankenhauses sei einem Querschnitt der niedergelassenen Radiologen bei der Beurteilung von MRT-Bildern überlegen, konnte dies bestätigt werden. Zwar liegen die Werte für Sensitivität, Spezifität und Genauigkeit nur zwischen 4% und 7% höher als in der Vergleichsgruppe, bezieht man jedoch auch den PPW und den negativen prädiktiven wert (NPW) in die Bewertung mit ein, zeigt sich der Unterschied deutlich.

Die Ergebnisse, die die MRT in dieser Studie hinsichtlich der Aussagekraft am Gesamtkomplex „Schulter“ erzielt sind enttäuschend, vergleicht man sie mit der gängigen Literatur.

Da nur knapp 25% der Befunde alle 7 Strukturen korrekt beurteilt haben, ist durch einen MRT-Befund ein sicheres klinisches Vorgehen nicht begründbar. Trotz allem bewegen sich die Werte für die Genauigkeit in einem Bereich von 70% bis 100%, was hauptsächlich durch die hohen Spezifitäten erreicht wird.

Anhang 1: Werte der gesamten Studie (n = 224)

	Statistische Werte Gesamt					
Struktur/Fragestellung	Sensitivität	Spezifität	PPW	NPW	Prävalenz	Genauigkeit
ROT Impingement	57,8%	87,5%	64,9%	83,8%	28,6%	79,0%
ROT Defektareal	82,7%	84,2%	81,9%	84,9%	46,4%	83,5%
ROT Deg. Ausdünnung	72,1%	92,3%	68,9%	93,3%	19,2%	88,4%
ROT Ruptur	84,8%	81,5%	54,2%	95,4%	20,5%	82,1%
BIZ Entzündung	50,0%	91,4%	28,0%	96,5%	6,3%	88,8%
BIZ Deg. Ausdünnung	21,7%	98,3%	76,9%	82,9%	20,5%	82,6%
BIZ Ruptur	36,4%	99,0%	80,0%	93,5%	9,8%	92,9%
BIZ Luxation	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Labrumläsionen	29,4%	60,9%	41,6%	47,6%	48,7%	45,5%
Knorpel Humeruskopf	52,7%	94,1%	74,4%	85,9%	24,6%	83,9%
Knorpel Schulterpfanne	46,4%	97,6%	86,7%	84,5%	25,0%	84,8%
SUB Entzündung	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
SUB deg. Ausdünnung	10,5%	98,5%	40,0%	92,2%	8,5%	91,1%
SUB Ruptur	28,6%	97,1%	40,0%	95,3%	6,3%	92,9%
Lig. glenohumerale inferius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale medius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale superius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Hill-Sachs-Delle	72,7%	91,6%	48,5%	96,9%	9,8%	89,7%

ROT:= Rotatorenmanschette BIZ:= Bizepssehne SUB:= Subscapularissehne

PPW:= Positiv prädiktiver Wert NPW:= Negativ prädiktiver Wert Deg:= Degenerativ

Anhang 2: Werte der Gruppe der Radiologieabteilung Murnau (n = 120)

	Statistische Werte „Gruppe Murnau“					
Struktur/Fragestellung	Sensitivität	Spezifität	PPW	NPW	Prävalenz	Genauigkeit
ROT Impingement	63,6%	93,1%	77,8%	87,1%	27,5%	85,0%
ROT Defektareal	77,2%	77,8%	75,9%	79,0%	47,5%	77,5%
ROT Deg. Ausdünnung	71,4%	92,9%	68,2%	93,9%	17,5%	89,2%
ROT Ruptur	76,5%	86,4%	48,1%	95,7%	14,2%	85,0%
BIZ Entzündung	57,1%	87,6%	22,2%	97,1%	5,8%	85,8%
BIZ Deg. Ausdünnung	15,0%	99,0%	75,0%	85,3%	16,7%	85,0%
BIZ Ruptur	45,5%	100,0%	100,0%	94,8%	9,2%	95,0%
BIZ Luxation	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Labrumläsionen	50,9%	83,6%	71,1%	68,3%	44,2%	69,2%
Knorpel Humeruskopf	50,0%	93,2%	72,7%	83,7%	26,7%	81,7%
Knorpel Schulterpfanne	48,1%	97,8%	86,7%	86,7%	22,5%	86,7%
SUB Entzündung	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
SUB deg. Ausdünnung	10,0%	99,1%	50,0%	92,4%	8,3%	91,7%
SUB Ruptur	33,3%	98,2%	60,0%	94,8%	7,5%	93,3%
Lig. glenohumerale inferius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale medius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale superius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Hill-Sachs-Delle	86,7%	90,5%	56,5%	97,9%	12,5%	90,0%

ROT:= Rotatorenmanschette BIZ:= Bizepssehne SUB:= Subscapularissehne

PPW:= Positiv prädiktiver Wert NPW:= Negativ prädiktiver Wert Deg:= Degenerativ

Anhang 3: Werte der Gruppe der niedergelassenen Radiologen (n = 104)

	Statistische Werte „Gruppe Fremd“					
Struktur/Fragestellung	Sensitivität	Spezifität	PPW	NPW	Prävalenz	Genauigkeit
ROT Impingement	51,6 %	80,8 %	53,3 %	79,7 %	29,8 %	72,1 %
ROT Defektareal	89,4%	91,2%	89,4%	91,2%	45,2%	90,4%
ROT Deg. Ausdünnung	72,7%	91,5%	69,6%	92,6%	21,2%	87,5%
ROT Ruptur	89,7%	74,7%	57,8%	94,9%	27,9%	78,8%
BIZ Entzündung	42,9%	95,9%	42,9%	95,9%	6,7%	92,3%
BIZ Deg. Ausdünnung	26,9%	97,4%	77,8%	80,0%	25,0%	79,8%
BIZ Ruptur	27,3%	97,8%	60,0%	91,9%	10,6%	90,4%
BIZ Luxation	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Labrumläsionen	8,9 %	29,2 %	12,8 %	21,5 %	53,8 %	18,3 %
Knorpel Humeruskopf	56,5%	95,1%	76,5%	88,5%	22,1%	86,5%
Knorpel Schulterpfanne	44,8%	97,3%	86,7%	82,0%	27,9%	82,7%
SUB Entzündung	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
SUB deg. Ausdünnung	11,1%	97,9%	33,3%	92,1%	8,7%	90,4%
SUB Ruptur	20,0%	96,0%	20,0%	96,0%	4,8%	92,3%
Lig. glenohumerale inferius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale medius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale superius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Hill-Sachs-Delle	42,9%	92,8%	30,0%	95,7%	6,7%	89,4%

ROT:= Rotatorenmanschette BIZ:= Bizepssehne SUB:= Subscapularissehne

PPW:= Positiv prädiktiver Wert NPW:= Negativ prädiktiver Wert Deg:= Degenerativ

Anhang 4: Werte der Gruppe mit 1-4 Strukturen (n = 113)

	Statistische Werte „Gruppe 1-4“					
Struktur/Fragestellung	Sensitivität	Spezifität	PPW	NPW	Prävalenz	Genauigkeit
ROT Impingement	53,1%	91,4%	70,8%	83,1%	28,3%	80,5%
ROT Defektareal	80,4%	83,9%	80,4%	83,9%	45,1%	82,3%
ROT Deg. Ausdünnung	81,0%	92,4%	70,8%	95,5%	18,6%	90,3%
ROT Ruptur	85,7%	82,6%	52,9%	96,2%	18,6%	83,2%
BIZ Entzündung	28,6%	94,3%	25,0%	95,2%	6,2%	90,3%
BIZ Deg. Ausdünnung	18,5%	98,8%	83,3%	79,4%	23,9%	79,6%
BIZ Ruptur	25,0%	99,0%	66,7%	94,5%	7,1%	93,8%
BIZ Luxation	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Labrumläsionen	48,9%	89,4%	76,7%	71,1%	41,6%	72,6%
Knorpel Humeruskopf	57,1%	95,3%	80,0%	87,1%	24,8%	85,8%
Knorpel Schulterpfanne	48,4%	98,8%	93,8%	83,5%	27,4%	85,0%
SUB Entzündung	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
SUB deg. Ausdünnung	0,0%	100,0%	0,0%	92,0%	8,0%	92,0%
SUB Ruptur	16,7%	100,0%	100,0%	95,5%	5,3%	95,6%
Lig. glenohumerale inferius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale medius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale superius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Hill-Sachs-Delle	61,5%	93,0%	53,3%	94,9%	11,5%	89,4%

ROT:= Rotatorenmanschette BIZ:= Bizepssehne SUB:= Subscapularissehne

PPW:= Positiv prädiktiver Wert NPW:= Negativ prädiktiver Wert Deg:= Degenerativ

Anhang 5: Werte der Gruppe mit 5-7 Strukturen (n = 111)

	Statistische Werte „Gruppe 5-7“					
Struktur/Fragestellung	Sensitivität	Spezifität	PPW	NPW	Prävalenz	Genauigkeit
ROT Impingement	62,5%	83,5%	60,6%	84,6%	28,8%	77,5%
ROT Defektareal	84,9%	84,5%	83,3%	86,0%	47,7%	84,7%
ROT Deg. Ausdünnung	63,6%	92,1%	66,7%	91,1%	19,8%	86,5%
ROT Ruptur	84,0%	80,2%	55,3%	94,5%	22,5%	81,1%
BIZ Entzündung	71,4%	88,5%	29,4%	97,9%	6,3%	87,4%
BIZ Deg. Ausdünnung	26,3%	97,8%	71,4%	86,5%	17,1%	85,6%
BIZ Ruptur	42,9%	99,0%	85,7%	92,3%	12,6%	91,9%
BIZ Luxation	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Labrumläsionen	50,0%	83,6%	71,4%	67,1%	45,0%	68,5%
Knorpel Humeruskopf	48,1%	92,9%	68,4%	84,8%	24,3%	82,0%
Knorpel Schulterpfanne	44,0%	96,5%	78,6%	85,6%	22,5%	84,7%
SUB Entzündung	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
SUB deg. Ausdünnung	20,0%	97,0%	40,0%	92,5%	9,0%	90,1%
SUB Ruptur	37,5%	94,2%	33,3%	95,1%	7,2%	90,1%
Lig. glenohumerale inferius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale medius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Lig. glenohumerale superius	Prävalenz < 5%, keine statistische Verwertung					
Hill-Sachs-Delle	88,9%	90,2%	44,4%	98,9%	8,1%	90,1%

ROT:= Rotatorenmanschette BIZ:= Bizepssehne SUB:= Subscapularissehne

PPW:= Positiv prädiktiver Wert NPW:= Negativ prädiktiver Wert Deg:= Degenerativ

7. Literaturverzeichnis

1. Allmann K-H, Walter O, Laubenberger J, Uhl M, Buitrago-Tellez C-H, Biebow N, Langer M: Magnetic resonance diagnosis of the anterior Labrum and capsule. Effect of field strength on efficacy. Invest Radiol 33: 415-420 (1998)

2. Andrews JR, Carson WG, McLeod WD: Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. Am J Sports Med 13: 337-341 (1985)

3. Balich SM, Sheley RC, Brown TR, Sauser DD, Quinn SF: MR imaging of the rotator cuff tendon: interobserver agreement and analysis of interpretive errors. Radiology 204: 191-194 (1997)

4. Bankart ASB: Recurrent or habitual dislocation of the shoulder joint: Br Med J 2: 1132-1133 (1923)

5. Bankart ASB: The pathology and treatment of recurrent dislocation of the shoulder joint. Br J Surg 26: 23-29 (1938)

6. Beltran J, Rosenberg ZS, Chandnani VP, Cuomo F, Beltran S, Rokito A:Glenohumeral instability: Evaluation with MR arthrography. RadioGraphics 17: 657-673 (1997)

7. Bennett GE: Elbow and shoulder lesions of baseball players. Am J Surg 98: 484-492 (1959)

8. Bigliani LU, Ticher JB, Flatlow WL, Soslowsky LJ, Mow VC: The relationship of acromial architecture to rotator cuff disease. Clin Sports Med 10: 823-828 (1991)

9. Bigliani LU, Pollock RG, Soslowsky LJ: Tensile properties of the inferior glenohumeral ligament. J Orthop Res 10: 187-197 (1992)

10. Bjorkenheim JM: Structure and function of the rabbit´s supraspinatus muscle after resection of its tendon. Acta Orthop Scand 60: 461-463 (1989)

11. Blanchard TK, Bearcroft PW, Costant CR, Griffin DR, Dixon AK: Diagnostik and therapeutic impact of MRI and arthrography in the investigation of full-thickness rotator cuff tears. Arthritis Rheum 42: 2231-2238 (1999)

12. Bonafede RP, Bennett RM: Shoulder pain: guidelines to diagnosis and management. Postgrad Med 82: 185-193 (1987)

13. Bowen MK, Warren RF: Ligamentous control of shoulder stability based on selective cutting and static translation experiments. Clin Sports Med 10: 757-782 (1991)

14. Brossmann J, Preidler KW, Pedowitz RA, White LM, Trudell D, Resnick D: Shoulder impingement syndrome: Influence of shoulder position on rotator cuff impingement- an anatomic study. Am J Roentgenol 167: 1511-1515 (1996)

15. Burk DL Jr, Karasick D, Mitchell DG: Rotator cuff tears: Prospective comparison of MR imaging with arthrography, sonography, and surgery. Am J Roentgenol 152: 87-92 (1989)

16. Burk DL Jr, Karasick D, Mitchell DG, Rifkin MD: MR Imaging of the shoulder: correlation with plain radiography. Am J Roengenol 154: 549-553 (1990)

17. Calandra JJ, Baker CL, Uribe J: The incidence of Hill-Sachs lesions in initial anterior shoulder dislocations. Arthroscopy 5: 254-257 (1989)

18. Cervilla V, Schweitzer ME, Ho C, Motta A, Kerr R, Resnick D: Medial dislocation of the biceps brachii tendon: Appearance at MR imaging. Radiology 180: 523-526 (1991)

19. Chan TW, Dalinka MK, Kneeland JB, Chevrot A: Biceps tendon dislocation: evaluation with MR imaging. Radiology 179: 649-652 (1991)

20. Chandnani V, Ho C, Gerharter J, Neumann C, Kursunoglu-Behme S, Sartoris DJ, Resnick, D: MR findings in asymptomatic shoulders: a blind analysis using symptomatic shoulders as controls. Clin Imag 16: 25-30 (1992)

21. Chandnani VP, Yaeger TD, DeBerardino T: Glenoid labral tears: prospective evaluation with MR imaging MR arhtrography and CT arthrography. Am J Roentgenol 161: 1229-1235 (1993)

22. Chansky HA, Ianotti JP: The vascularity of the rotator cuff. Clin Sports Med 10: 807- 811 (1991)

23. Codman EA: Rupture of the supraspinatus tendon. 1911. Clin Orthop Relat Res 254: 3-26 (1990)

24. Cofield RH, Irving JF: Evaluation and clssification of shoulder instability with special reference to examination under anesthesia. Clin Orthop Rel Res 223: 32-43 (1987)

25. Connell DA, Potter HG, Wieckiewicz TL, Altchek DW, Warren RF: Noncontrast magnetic resonance imaging of superior labral lesions. Am J Sports Med 2: 208-213 (1999)

26. Cvitanic O, Tirman PFJ, Feller JF, Bost FW, Minter J, Carroll KW: Using abduction and external rotation of the shoulder to increase the sensitivity of MR arthrography in revealing tears of the anterior glenoid labrum. Am J Roentgenol 169: 837-844 (1997)

27. Denti M, Barmettler F, Jabbour A: Osteochondral humeral defect in anterior shoulder instability. Preliminary investigation by the results of magnetic resonance imaging. J Sports Traumatol 16: 185-190 (1995)

28. Denti M, Monteleone M, Trevisan C, De Romedis B, Barmettler F: Magnetic resonance imaging versus arthroscopy for the investigation of the osteochondral humeral defect in anterior shoulder instability. A double-blind prospective study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 3: 184-186 (1995)

29. Deutsch AL, Resnick D, Mink HH: Computed and conventional arthrotomography of the glenohumeral joint: normal anatomy and clinical experience. Radiology 153: 603-609 (1984)

30. Dines DM, Warren RF, Inglis AE: The coracoid impingement syndrome J Bone Joint Surg Br 72: 314-316 (1990)

31. Edelson JG, Zuckerman J, Hershkovitz I: Os acromiale: Anatomy and surgical implications. J Bone Joint Surg Br 75: 551-555 (1993)

32. Erickson SJ, Cox ICH, Hyde JS, Carrera GF, Strandt JA, Estkowski LD: Effect of tendon orientation on MR imaging signal intensity: a manifestation of the „magic angle“ phenomenon. Radiology 181: 389-392 (1991)

33. Erickson SJ, Fitzgerald SW, Quinn SF, Carrera GF, Black KP, Lawson TL: Long biciptal tendon of the shoulder: normal anatomy and pathological findings on MR imaging. Am J Roentgenol 158: 1091-1096 (1992)

34. Erickson SJ, Prost RW, Timins ME: The „magic angle“ effect: background physics and clinical relevance. Radiology 188: 23-27 (1993)

35. Farley TE, Neumann CH, Steinbach LS, Petersen SA: The acromial arch: MR evaluation and correlation with rotator cuff pathology. Skeletal Radiol 23: 641-645 (1994)

36. Flannigan B, Kursunoglu-Brahme S, Snyder SJ: MR arthrography of the shoulder: Comparison with conventional MR imaging. Am J Roentgenol 155: 829-832 (1990)

37. Fritts HM, Craig EV: MRI of the shoulder. Seminars In Ultrasound,CT And MRI 15: 341-365 (1994)

38. Fritz RC, Stoller DW: MR imaging of the rotator cuff. MRI Clin North Am 5: 735-754 (1997)

39. Fu FH, Harner CD, Klein AH: Shoulder impingement syndrome: A critical review. Clin Orthop 269: 162-173 (1991)

40. Funke M, Leibl T, Grabbe E: Bildgebende Diagnostik bei Instabilität des Schultergelenks. Radiologe 36: 951-959 (1996)

41. Garneau RA, Renfrew DL, Moore TE, el-Khoury GY, Nepola JV, Lemke JH: Glenoid labrum: evaluation with MR imaging. Radiology 179: 519-522 (1991)

42. Gartsman GM, Milne JC: Articular surface partial-thickness rotator cuff tears. J Shoulder Elbow Surg 4: 409-415 (1995)

43. Gerber C, Terrier F, Ganz R: The role of coracoid process in the chronic impingement syndrome. J Bone Joint Surg Br 67: 703-708 (1985)

44. Gerber C, Sebasta A: Impingemnet of the deep surface of the subscapularis tendon and the reflection pulley on the anterosuperior glenoid rim: A preliminary report. J Shoulder Elbow Surg 9: 483-490 (2000)

45. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC: Fatty infiltration of disrupted rotator cuff muscles. Rev Rheum Engl Ed 62: 415-422 (1995)

46. Green MR, Christensen KP: Magnetic resonance imaging of the glenoid labrum in anterior shoulder instability. Am J Sports Med 4: 493-498 (1994)

47. Gückel C, Niedecker A: Diagnosis of tears in rotator-cuff-injuries. Eur J Radiol 25: 168-176 (1997)

48. Gudinchet F, Naggar L, Ginalski JM: Magnetic resonance imagung of nontraumatic shoulder instability in children. Skeletal Radiol 21: 19-21 (1992)

49. Guntern DV, Pfirrmann CWA, Schmid MR, Zanetti M, Binkert CA, Schneeberger AG, Hodler J: Articular cartilage lesions of the glenohumeral joint: diagnostic effectiveness of MR arthrography and prevalence in patients with subacromial impingement syndrome. Radiology 226: 165-170 (2003)

50. Gusmer PB, Potter HG, Schatz JA, Wickiewicz TL, Altchek DW, O'Brien SJ, Warren RF: Labral injuries: accuracy of detection with unenhanced MR imaging of the shoulder. Radiology 200: 519-524 (1996)

51. Hayes CW, Parellada JA: The magic angle effect in musculoskeletal MR imaging. Top Magn Reson Imaging 8: 51-56 (1996)

52. Haygood TM, Langlotz CP, Kneeland JB, Ianotti JP, Williams GR Jr, Dalinka MK: Categorisation of acromial shape: interobserver variability with MR imaging and conventional radiography. Am J Roentgenol 162: 1377-1382 (1994)

53. Hill HA, Sachs MD: The groved defect of the humeral head. A frequently unrecognized complication of dislocations of the shoulder joint. Radiology 35: 690-700 (1940)

54. Hodler J, Kursunoglu-Brahme S, Flannigan B, Snyder SJ, Karzel RP, Resnick D: Injuries of the superior portion of the glenoid labrum involving the insertion of the biceps tendon: MR imaging findings in nine cases. Am J Roentgenol 159: 565-568 (1992)

55. Hodler J, Kursunoglu-Brahme S, Snyder SJ: Rotator cuff diseae: Assessment with MR arthrography versus standard MR imaging in 36 patients with arthroscopic confirmation. Radiology 182: 431-436 (1992)

56. Hodler J, Loredo RA, Longo C, Trudell D, Yu JS, Resnick D: Assessment of articular cartilage of the humeral head. MR-anatomic correlation in cadavers. Am J Roentgenol 165: 615-620 (1995)

57. Huber DJ, Koch E: Magnetresonanztomographie bei Erkrankungen der Rotatorenmanschette. Orthopäde 24: 491-497 (1995)

58. Hutchinson MR, Veenstra MA: Arthroscopic decompression of shoulder impingement secondary to os acromiale. Arthroscopy 9: 28-32 (1993)

59. Iannotti JP, Wang ED: Avulsion fracture of the supraglenoid tubercle. A variation of the SLAP lesion. J Shoulder Elbow Surg 1: 26-30 (1992)

60. Iannotti JP, Zlatkin MB, Esterhai JL, Kressel HY, Dalinka MK, Spindler KP: Magnetic resonance imaging of the shoulder: sensitivity, specifity and predictive value. J Bone Joint Surg Am 73: 17-29 (1991)

61. Imhof H, Breitenseher M, Kainberger F, Steiner E, Trattnig S: Schultergelenk-Bildgebung. Wien Med Wochenschr 146: 116-120 (1996)

62. Imhoff AB, Hodler J: Arthroscopy and MRT of the shoulder - a comparative retrospective analysis. Z Orthop Ihre Grenzgeb 130: 188-196 (1992)

63. Imhoff AB, Hodler J: Correlation of MR imaging, CT arthrography, and arthroscopy of the shoulder. Bull Hosp Jt Dis 54: 146-152 (1996)

64. Kaplan PA, Bryans KC, Davick JP, Otte M, Stinson WW, Dussault RG: MR imaging of the normal shoulder: variants and pitfalls. Radiology 184: 519-524 (1992)

65. Karzel RP, Snyder SJ: Magnetic resonance arthrography of the shoulder. Clin Sports Med 12: 123-126 (1993)

66. Kieft GJ, Bloem JL, Rozing PM, Obermann WR: MR imaging of recurrent anterior dislocation of the shoulder: comparison with CT arthrography. Am J Radiol 150: 1083-1087 (1988 a)

67. Kieft GJ, Bloem JL, Rozing PM, Obermann WR: Rotator cuff impingement syndrome: MR imaging. Radiology 166: 211-214 (1988 b)

68. King LJ, Healy JC, Baird P: Imaging of the rotator cuff and biceps tendon. J R Arm Med Corps 145: 125-131 (1999)

69. Kjellin I, Ho, CP, Cervilla V: Alterations in the supraspinatus tendon at MR imaging: Correlation with histopathologic findings in cadavers. Radiology 181: 837-841 (1991)

70. Kneeland JB, Middleton WD, Carrera GF, Zenge RC, Jesmanowicz A, Froncisz W, Hyde JS: MR imaging of the shoulder: diagnosis of rotator cuff tears. Am J Roentgenol 149: 333-337 (1987)

71. Koskinen, SK, Parkkola RK, Karhu J, Komu MES, Kormano MJ: Orthopedic and interventional applications at low field MRI with horizontally open configuration. Radiologe 37: 819-824 (1997)

72. Legan JM, Burkhard TK, Goff WB II, Balsara ZN, Martinez AJ, Burks DD, Kallman DA, O'Brien TJ, Lapoint JM: Tears of the glenoid labrum: MR imaging of 88 arthroscopically confirmed cases. Radiology 183: 35-37 (1992)

73. Li XX, Schweitzer ME, Bifano JA, Lerman J, Manton GL, El-Noueam KI: MR evaluation of subscapularis tears. J Comput Assist Tomogr 23: 713-717 (1999)

74. Ling SC, Chen CF, Wan RX: A study of the vascular supply of the supraspinatus tendon. Surg Radiol Anat 12: 161-165 (1990)

75. Liou JT, Wilson AJ, Totty WG, Brown JJ: The normal shoulder: common variations that simulate pathologic conditions at MR imaging. Radiology 186: 435-441 (1993)

76. Maffet MW, Gartsman GM, Moseley B: Superior labrum-biceps tendon complex lesions of the shoulder. Am J Sports Med 23: 93-98 (1995)

77. Massengill AD, Seeger LL, Yao L: Labrocapsular ligamentous complex of the shoulder: normal anatomy, anatomic variation, and pitfalls of MR imaging and MR arthrography. RadioGraphics 14: 1211-1223 (1994)

78. Matsen FA, Harryman DT, Sidles JA: Mechanics of glenohumeral instability. Clin Sports Med 10: 783-788 (1991)

79. McCauley TR, Pope CF, Jokl P: Normal and abnormal glenoid labrum: assessment mith multiplanar gradient echo MR imaging. Radiology 183: 35-37 (1992)

80. Meyer AW: Functional lesions of the shoulder. Arch Surg 35: 646-674 (1937)

81. Minkoff J, Stecker S, Cavaliere G: Glenohumeral instabilities and the role of MR imaging techniques. The orthopedic surgeon´s perspektive. MRI Clin North Am 5: 767-785 (1997)

82. Mirowitz SA: Normal rotator cuff: MR imaging with conventional and fat-suppression techniques. Radiology 180: 735-740 (1991)

83. Morrison DS, Bigliani LU: The clinical significance of variations in acromial morphology. Orthop Trans 11: 234-236 (1986)

84. Mudge MK, Wood VE, Frykman GK: Rotator cuff tears associated with os acromiale. J Bone Joint Surg Am 66: 427-429 (1984)

85. Needell SD, Zlatkin MB: Comparison of fat-saturation fast spin echo versus conventional spin echo MRI in the detection of rotator cuff pathology. J Magn Reson Imaging 7: 674-677 (1997)

86. Neer CS: Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder. J Bone Joint Surg 54: 41-50 (1972)

87. Neer CS: Impingement lesions. Clin Orthop 173: 70-77 (1983)

88. Neumann CH, Petersen SA, Jahnke AH: MR imaging of the labral-capsular complex: Normal variations. Am J Radiol 157: 1015-1021 (1991)

89. Neumann CH, Holt RG, Steinbach LS, Jahnke AH Jr, Petersen SA: MR imaging of the shoulder: appearance of the supraspinatus tendon in asymptomatic volunteers. Am J Roentgenol 158: 1281-1287 (1992)

90. Nevasier RJ Nevasier TH, Nevasier JS: Concurrent rupture of the rotator cuff and anterior dislocation of the shoulder in the older patient. J Bone Joint Surg 70: 1308-1311 (1988)

91. Nevasier RJ Nevasier TH, Nevasier JS: Anterior dislokation of the shoulder and rotator cuff rupture. Clin Orthop 291: 103-106 (1993)

92. Neviaser TJ: The GLAD lesion: another cause of anterior shoulder pain. Arthroscopy 9: 22-23 (1993)

93. Nidecker A, Gückel C, vHochstetter A: Imaging the long head of bicepstendon-a pictorial essay emphasizing magnetic resonance. Eur J Radiol 25: 177-187 (1997)

94. Ozaki J, Fujimoto S, Nakagawa Y: Tears of the rotator cuff of the shoulder associated with pathologic changes of the acromion. A study in cadavers. J Bone Joint Surg Am 70: 1224-1230 (1988)

95. Palmer WE, Brown JH, Rosenthal DI: Rotator cuff: Evaluation with fat-suppresed MR arhtrography. Radiology 188: 683-687 (1993)

96. Palmer WE, Caslowitz PL: Anterior shoulder instabillity: Diagnostic criteria determined from prospective analysis of 121 MR arthrogramms. Radiology 197: 819-825 (1995)

97. Palmer WE: MR Arthrography of the rotatorcuff and labral-ligamentous complex. Semin Ultra CT MRI 18: 278-290 (1997)

98. Park JG, Lee JK, Phelbs CT: Os acromiale associated with rotator cuff impingement: MR Imaging of the shoulder. Radiology 193: 255-257 (1994)

99. Parsa M, Tuite MJ, Norris M, Orwin JF: MR imaging of rotator cuff tendon tears: comparison of T2-weighted gradient-echo and conventional dual-echo sequences. Am J Roentgenol 168: 1519-1524 (1997)

100. Patte D: Classification of rotator cuff lesions. Clin Orthop 254: 81-86 (1990)

101. Patten RM: Tears of the anterior portion of the rotator cuff (the subscapularis tendon): MR imaging findings. Am J Roentgenol 162: 351-354 (1994)

102. Patten RM, Spear RP, Richardson ML: Diagnostic performance of magnetic resonance imaging for the diagnosis of rotator cuff tears using supplemental images in the oblique saggital plane. Invest Radiol 29: 87-93 (1994)

103. Peh WCG, Farmer THR, Totty WG: Acromial arch shape: Assessment with MR imagimg. Radiology 195: 501-505 (1995)

104. Petersson CJ, Gentz CF: Ruptures of the supraspinatustendon. The significance of distally pointing acromioclavicular osteophytes. Clin Orthop 174: 143-148 (1983)

105. Petersson CJ: Spontaneous medial dislocation of the tendon of the long biceps brachii. An anatomic study of prevalence and pathomechanics. Clin Orthop 211: 224-227 (1986)

106. Pratt NE: Anatomy and biomechanics of the shoulder. J Hand Ther 7: 65-76 (1994)

107. Quinn SF, Sheley RC, Demlow TA, Szumowski J: Rotator cuff tendon tears: evaluation with fat-suppressed MR imaging with arthroscopic correlation in 100 patients. Radiology 195: 497-500 (1995)

108. Rafii M, Firooznia H, Golimbu C: CT arthrography of capsular structures of the shoulder. Am J Roentgenol 146: 361-367 (1986)

109. Rafii M, Firooznia H, Sherman O, Minkoff J, Weinrb J, Golimbu C, Gidumal R, Schinella R, Zaslav K: Rotator cuff lesions: signal patterns at MR imaging. Radiology 177: 817-823 (1990)

110. Reinus WR, Shady KL, Mirowitz SA, Totty WG: MR diagnosis of rotator cuff tears of the shoulder: value of using T2-weighted fat-saturated images. Am J Roentgenol 164: 1451-1455 (1995)

111. Richards RD, Sartoris DJ, Pathria MN: Hill-Sachs lesion and humeral groove: MR imaging features allowing their differentiation. Radiology 190: 665-668 (1994)

112. Riley GP, Harral RL, Constant CR: Tendon degeneration and chronic shoulder pain: changes in the collagen composition of the human rotator cuff tendons in rotator cuff tendonitis. Ann Rheum Dis 23: 359-366 (1994)

113. Rowe CR: Prognosis in dislocations of the shoulder. J Bone Joint Surg Am 38: 957-977 (1956)

114. Rowe CR, Zarins B: Recurrent subluxation of the shoulder. J Bone Joint Surg Am 63: 863-872 (1981)

115. Rupp S, Fritsch E: Das subakromiale Impigement. Fortschr Med 15: 223-226 (1995)

116. Sahin-Akyar G, Miller TT, Staron RB, McCarthy DM, Feldman F: Gradient-echo versus fat-suppressed fast spin-echo MR imaging rotator cuff tears. Am J Roentgenol 171: 223-227 (1998)

117. Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K: Schultergürtel und obere Extremität. In: Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K (Hrsg) Anatomie, 7. Aufl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, S. 263-318 (1997)

118. Seeger LL, Gold RH, Bassett LW, Ellman H: Shoulder impingement syndrome: MR findings in 53 shoulders. Am J Roentgenol 150: 343-347 (1988)

119. Sherman OH: MR imaging of impingement and rotator cuff disorders; a surgical perspective. MRI Clin North Am 5: 721-734 (1997)

120. Shuman WP, Kilcoyne RF, Matsen FA: Double-contrast computed tomography of the glenoid labrum. Am J Roentgenol 141: 581-584 (1983)

121. Singson RD, Hoang T, Dan S, Friedmann M: MR evaluation of the rotator cuff pathology using T2-weighted fast spin-echo technique with and without fat suppression. Am J Roentgenol 166: 1061-1066 (1996)

122. Snyder SJ, Karzel RP, Del Pizzo W, Ferkel RD, Friedman MJ: SLAP-lesions of the shoulder. Arthroscopy 6: 274-279 (1990)

123. Snyder SJ, Pachelli AF, Del Pizzo W: Partial thickness rotator cuff tears: Results of arthroscopic treatment. Arthroscopy 7: 1-7 (1991)

124. Soble MG, Kaye AD, Guay RC: Rotator cuff tear: Clinical experience with sonographic detection. Radiology 173: 319-321 (1989)

125. Sommer T, Vahlensieck M, Wallny T, Lutterbey G, Pauleit D, Steuer K, Golombek V, Kreft B, Keller E, Schild H: Indirekte MR-Arthrographie in der Diagnostik von Läsionen des labrum glenoidale. Fortschr Röntgen 167: 46-51 (1997)

126. Sonin AH, Peduto AJ, Fitzgerald SW, Callahan CM, Bresler ME: MR imaging of the rotator cuff mechanism: comparison of spin-echo and turbo spin-echo sequences. Am J Roentgenol 167: 333-338 (1996)

127. Stoller DW, Fritz RC. Magnetic resonance imaging of impingement and rotator cuff tears. MRI Clin North Am 1: 47-63 (1993)

128. Suenaga N, Minami A, Kato H: Subcoracoid impingement syndrome after the surgery for rotator cuff tear. J Shoulder Elbow Surg 6 (suppl.): S250 (1997)

129. Tasu JP, Miquel A, Rocher L, Molina V, Gagey O, Blery M: MR Evaluation of factors predicting the development of rotator cuff tears. J Comput Assist Tomogr 25: 159-163 (2001)

130. Timins ME, Erickson SJ, Estkowski LD, Carrera GF, Komorowski RA: Increased signal in the normal supraspinatus tendon on MR imaging: diagnostic pitfall caused by the „magic angle“ effect. Am J Roengenol 165: 109-114 (1995)

131. Tirman PFJ, Feller JF, Palmer WE: Buford complex -variation of normal shoulder anatomy: MR arthrographic imaging features. Am J Roentgenol 166: 869-873 (1996)

132. Tirman PFJ, Steinbach LS, Belzer JP, Bost FW: A practical approach to imaging of the shoulder with emphasis on MR imaging. Orthop Clin North Am 28: 483-515 (1997)

133. Tirman RM, Nelson CL, Tirman WS: Arthrography of the shoulder joint: State of the art. Crit Rev Diagn Imaging 17: 19-76 (1981)

134. Toivonen DA, Tuite MJ, Orwin JF: Acromial structure and tears of the rotator cuff. J Shoulder Elbow Surg 4: 376-383 (1995)

135. Torstensen ET, Hollinshead RM: Comparison of magnetic resonance imaging and arthroscopy in the evaluation of shoulder pathology. J Shoulder Elbow Surg 8: 42-45 (1999)

136. Totterman SM, Miller RJ, Meyers SP: Basic anatomy of the shoulder by magnetic resonance imaging. Top Magn Reson Imaging 6: 86-93 (1994)

137. Traughber PD, Goodwin TE: Shoulder MRI: arthroscopic correlation with emphasis on partial tears. J Comput Assist Tomogr 16: 129-133 (1992)

138. Tsao LY, Mirowitz SA: MR imaging of the shoulder; imaging techniques, diagnostic pitfalls, and normal variants. MRI Clin North Am 5: 683-704 (1997)

139. Tuite MJ, Yandow DR, DeSmeet AA, Orwin JF, Quintana FA: Diagnosis of partial and complete rotator cuff tears using combined gradient echo and spin echo. Skeletal Radiol 23: 541-545 (1994)

140. Tuite MJ, De Smet AA, Norris MA, Orwin JF: MR diagnosis of labral tears of the shoulder: value of T2*-weighted gradient-recalled echo images made in external rotatio. Am J Radiol 164: 941-944 (1995)

141. Tuite MJ, Yandow DR, DeSmeet AA, Orwin JF, Quintana FA: Effect of field of view on MR diagnosis of rotator cuff tears. Skeletal Radiol 24: 495-498 (1995)

142. Uri DS: MR Imaging of shoulder impingement and rotator cuff disease. Radiol Clin North Am 35: 77-96 (1997)

143. Vahlensieck M, Pollack M, Lang P, Grampp S, Genant HK: Two segments of the supraspinous muscle: cause of high signal intensity at MR imaging? Radiology 186: 449-454 (1993)

144. Walch G, Boileau P, Noel E, Liotard JP: Posterio-superior glenoid impingement. Another impingement of the shoulder. J Radiol 74: 47-50 (1993)

145. Walch G, Nové-Josserand L, Boileau P, Levigne C: Subluxations and dislokations of the tendon of the long head of the biceps. J Shoulder Elbow Surg 7: 100-108 (1998)

146. Weinstein DM, Buccieri JS, Pollock RG, Flatow EL, Bigliani LU: Arthroscopic debridement of the shoulder for osteoarthritis. Arthroscopy 16: 471-476 (2000)

147. Wiener SN, Seitz WH: Sonography of the shoulder in patients with tears of the rotator cuff. Am J Roentgenol 160: 103-107 (1993)

148. Workman TL, Burkhard TK, Resnick D, Goff WB 2nd, Balsara ZN, Davis DJ, Lapoint JM: Hill-Sachs lesion: comparison of detection with MR imaging, radiography and arthroscopy. Radiology 185: 847-852 (1992)

149. Wright SA, Cofield RH: Management of partial thickness rotator cuff tears. J Shoulder Elbow Surg 5: 458-466 (1996)

150. Yamazaki Y, Moro K: MRI by infusing xylocaine and Gd-DTPA into the subacromial bursa. J Shoulder Elbow Surg 4 (suppl): S87 (1995)

151. Zanetti M, Gerber C, Hodler J: Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging. Invest Radiol 3: 163-170 (1998)

152. Zanetti M, Weishaupt D, Jost B, Gerber C, Hodler J: MR imaging for traumatic tears of the rotator cuff: high prevalance of greater tuberosity fractures and subscapularis tendon tears. Am J Roentgenol 172: 463-467 (1999)

153. Zlatkin MB, Bjorkengren AG, Gylys-Morin V: Cross-sectional imaging of the capsular mechanism of the glenohumeral joint. Am J Roentgenol 155: 151-158 (1988)

154. Zlatkin MB, Ianotti JB, Roberts MC, Esterhai JL, Dalinka MK, Kressel HY, Schwartz JS, Leukinski RE: Rotator cuff tears: diagnostic performance of MR imaging. Radiology 172: 223-229 (1989)

Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Harald Hempfling für die Überlassung des Dissertationsthemas, und für die lückenlose persönliche Betreuung.

Ebenso danke ich meinem Vater für all die Unterstützung, die er mir in all der Zeit geboten hat.

Lebenslauf

Angaben zur Person:

Name:	Jörg Gustav Salewski
Geburtsdatum/-ort:	8. Januar 1972 in München
Familienstand:	ledig
Eltern:	Brigitte Panthen, Hausfrau
	Dr. med. Ekkehard Salewski, Neurologe und Psychiater

Schulausbildung:

1978 - 1982	Volksschule Pullach
1982 - 1984	Gymnasium Pullach
1984 - 1989	Gymnasium Tutzing
1989 - 1990	Technical High School in Saint Cloud, Minnesota, USA
1990 – 1993	Gymnasium Tutzing

Studium:

1993 - 1995	Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Universität in München
1995 - 2002	Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München
04/1997	Ärztliche Vorprüfung
04/1999	1.Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
09/2001	2.Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
10/2002	Ärztliche Prüfung

Berufliche Tätigkeit:

12/2002 – 05/2004	Arzt im Praktikum an der Chirurgischen Klinik des Klinikums Innenstadt der Ludwig-Maximilian-Universität in München (Ärztlicher Direktor Prof. Mutschler) ❖ 12/2002 – 01/2004 Intensivmedizin (Prof. Duswald) ❖ 01/2004 – 04/2004 Gefäßchirurgie (Prof. Steckmeier) ❖ 04/2004 – 05/2004 Chirurgische Nothilfe (Dr. Kanz)
06/2004	Erhalt der Vollapprobation
seit 01/2005	Assistenzarzt an der Klinik für Viszeral-, Thorax- und Gefässchirurgie am Krankenhaus 3. Orden in München