

Atos Klinikzentrum Heidelberg

Prof. Dr. med. habil. Peter Habermeyer

**Die arthroskopische Klassifikation
der artikulareseitigen Rotatorenmanschettenpartialrupturen**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades

der

Ludwig-Maximilians-Universität

München

vorgelegt von

Christina Henrike Krieter

aus

Freiburg im Breisgau

2008

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Peter Habermeyer

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Hans Hertlein

Mitbetreuung: Dr. med. Petra Magosch

Dekan: Prof. Dr. med. Dietrich Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 08.05.2008

Meinen Eltern

für Ihre Liebe, Geduld und Unterstützung



On ne voit qu'avec le coeur, l'essentiel est
invisible pour les yeux.

Le Petit Prince
Saint-Exupéry

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Klassifikationen der Rotatorenmanschettenrupturen.....	6
1.2	Pathophysiologie der Rotatorenmanschettenrupturen.....	8
1.3	Fragestellung	12
2	Material und Methodik.....	13
2.1	Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur	13
2.1.1	Klassifikation der kompletten Rotatorenmanschettenruptur nach <i>Bateman</i>	13
2.1.2	Klassifikation nach <i>Patte</i>	13
2.1.3	Klassifikation nach <i>Ellman</i>	15
2.1.4	Klassifikation nach <i>Snyder</i>	17
2.1.5	Klassifikation nach <i>Romeo</i> und <i>Fox</i>	18
2.1.6	Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur (Sektoreneinteilung) nach <i>Habermeyer</i>	19
2.1.7	Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur in der Computertomo- graphie nach <i>Goutallier</i>	20
2.1.8	Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur in der Magnetresonanz- tomographie nach <i>Thomazeau</i>	20
2.1.9	Arthroskopische Klassifikation der artikulareseitigen Rotatoren- manschettenpartialruptur nach <i>Habermeyer</i>	22
2.2	Studiendesign.....	26
2.2.1	Patienten	26
2.2.2	Diagnostik.....	26
2.2.3	Arthroskopie des Schultergelenks.....	33
2.3	Auswertung	40
2.3.1	Datenerhebung.....	40
2.3.2	Datenanalyse.....	41
3	Ergebnisse.....	42
3.1	Klassifikation artikulareseitiger Befunde.....	42
3.1.1	Partielle Rupturen der Supraspinatus- und Subscapularissehne.....	42
3.1.2	Partielle Rupturen der Subscapularissehne	43

3.1.3	Partielle Rupturen der Supraspinatussehne.....	43
3.1.4	Häufigkeiten weiterer intraartikulärer Befunde.....	45
3.2	Häufigkeiten bursaseitiger Befunde.....	50
3.3	Gegenüberstellung der Klassifikationen nach <i>Snyder, Ellman</i> und <i>Habermeyer</i>	51
3.4	Korrelationsanalyse wesentlicher Befunde	53
4	Diskussion	57
4.1	Anforderungen an eine für die Arthroskopie der Schulter geeignete Klassifikation	57
4.2	Vergleich der bestehenden mit der Klassifikation nach <i>Habermeyer</i>	58
4.3	Schlussfolgerungen	65
5	Zusammenfassung	66
6	Verzeichnis der Abkürzungen	67
7	Literatur	68
8	Danksagung	73
9	Curriculum vitae.....	74

1 Einleitung

Die möglichst exakte Beschreibung morphologischer Befunde hat in der Medizin in vielen Bereichen besondere Bedeutung. Dies gilt auch und gerade für die Definition arthroskopischer Befunde des Schultergelenks. Neben der Fotodokumentation gilt hier vor allem die verbale Beschreibung im OP-Bericht als Standard. Für die individuelle Betrachtung eines einzelnen Patienten ist dies ausreichend. Um jedoch präzise Aussagen über Häufigkeit und Schweregrad beobachteter Befunde machen zu können, sind standardisierte Klassifikationen hilfreich und notwendig. Diese teilen das Spektrum der möglichen Befunde in zuvor definierte Klassen und erlauben darüber hinaus meist eine Bewertung des Ausprägungs- oder Schweregrades. Hierdurch können Häufigkeiten bestimmter Befunde sowie deren Korrelation mit anderen Parametern, wie beispielsweise der Prognose oder des funktionellen Ergebnisses einer Intervention, verglichen werden.

1.1 Klassifikationen der Rotatorenmanschettenrupturen

Die allererste Klassifikation der Rupturen der Rotatorenmanschette (RM) wurde 1934 von *Codman* beschrieben und 1983 von *Neer* [1] aufgrund intraoperativer Befunde sowie der zugrunde liegenden Ätiologie vorgenommen. Neer unterscheidet bei den RM Rupturen drei Gruppen:

- Gruppe I: Traumatische Rupturen
Rupturen dieser Gruppe umfassen etwa 5 % aller RM Rupturen und treten bevorzugt bei Patienten jünger als 40 Jahre nach repetitiven Mikrotraumen auf.
- Gruppe II: Rupturen, die mit einer Schulterluxation kombiniert sind
Diese können weiter in drei Subtypen klassifiziert werden:
 - Typ A: vordere Luxation bei hinterem Mechanismus
 - Typ B: multidirektionale Instabilität bei anlagebedingter Spaltbildung im Rotatorenintervall zwischen M. subscapularis und M. supraspinatus
 - Typ C: massives Schultertrauma mit Ausriss der Rotatorenmanschette und Plexusläsion
- Gruppe III: Rupturen, die sich sekundär nach einem mechanischen Outlet Impingement bilden.

Zusätzlich lassen sich diese Rupturen anhand des zeitlichen Verlaufes in akute (Gruppe I und II) und degenerative RM Rupturen (Gruppe III) unterteilen, wobei als Grundvoraussetzung für eine akute Ruptur ein adäquates Trauma vorgelegen haben muss.

Die dritte Gruppe, die sekundär nach einem mechanischen Outlet Impingement entsteht, wird in Partialrupturen und komplette transmurale Rupturen unterteilt, wobei die Partialrupturen je nach anatomischer Lage in bursaseitige, intratendinöse oder artikulareseitige Rupturen untergliedert werden.

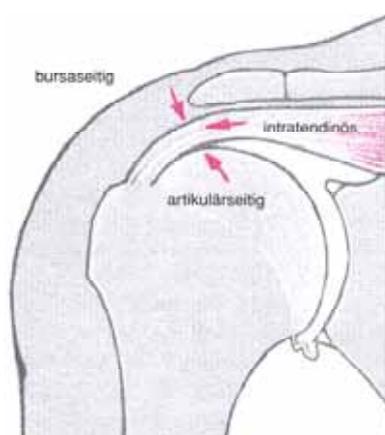


Abbildung 1.1: Schematische Darstellung eines Schultergelenks in der Sagitalebene zur Illustration der Lokalisation der Partialrupturen in artikulareseitige, bursaseitige und intratendinöse Rupturen, reproduziert aus [2].

Erst mit Weiterentwicklung der Schulterarthroskopie und der damit möglichen arthroskopischen artikulareseitigen Betrachtung [3-6] erkannte man, dass die bestehende Klassifikation nach *Neer* nicht eindeutig den pathoanatomischen Befund dokumentiert und vor allem bei der Beschreibung der Partialrupturen der Rotatorenmanschette unzureichend ist. In den folgenden Jahrzehnten wurden mehrere Klassifikationen veröffentlicht, die sich zum einen auf anatomische Strukturen (*Snyder*), zum anderen auf bildgebende Verfahren wie MRT oder CT stützen, um die RM Partialrupturen näher zu beschreiben.

Die Klassifikation der RM Partialrupturen nach *Snyder* beschreibt die artikulareseitige oder bursaseitige Lage der Partialruptur, wohingegen die Klassifikation nach *Ellman* sich bereits auf die arthroskopisch bestimmte absolute Rupturgröße bezieht.

1.2 Pathophysiologie der Rotatorenmanschettenrupturen

Die RM Ruptur der Schulter ist eine weit verbreitete Entität, die häufig mit starken Schmerzen und deutlichen Bewegungseinschränkungen sowie Kraftverlust einhergeht. Die Inzidenz der kompletten RM Ruptur liegt zwischen 8 und 10 % [7-9]. Häufiger besteht eine Partialruptur mit 13 %-37 % der Fälle [10-12]. *Keyes* untersuchte bereits 1933 die Inzidenz der Ruptur von Supraspinatussehnen an 73 Leichen. Rupturen fanden sich bei insgesamt 14 Leichen. In 5 Fällen war die Supraspinatussehne beidseits gerissen. Die Inzidenz in dieser Studie betrug 19 % bezogen auf das Individuum (14 von 73), beziehungsweise 13 % bezogen auf jede einzelne Schulter (19 von 142). *Cotton* analysierte 1964 die Supraspinatussehnenruptur an 106 Leichen. Er fand 68 pathologische Befunde an 38 Leichen. Dabei handelte es sich um 30 beidseitige Rotatorenmanschettenrupturen und 8 einseitige. Dies entspricht einer Inzidenz von 35 % bezogen auf das Individuum. *Reily et al.* fanden 2006 an 2553 Leichenschultern [13] eine Inzidenz der Partialruptur von 18,5 % und *Payne et al.* 1997 bei jungen Überkopfsportlern sogar eine Inzidenz von 91 % [14]. Abhängig vom Studienkollektiv und der Bezugsgrösse (Patient oder Schulter) variieren die Angaben zur Inzidenz der Rotatorenmanschetten(partial)ruptur in der Literatur somit deutlich.

Bursaseitige Partialrupturen werden zunehmend ab dem 50. Lebensjahr beobachtet. Der Pathomechanismus wird nach wie vor kontrovers diskutiert. So beschreibt z.B. *Fukuda et al.* [15], dass ein sekundäres mechanisches Outlet Impingement zu einer entzündlichen Reizung und Auffaserung der Sehnenoberfläche führt, die dann nach intratendinös fortschreitet bis die Sehne schliesslich rupturiert. Der Begriff des mechanischen Outlet Impingement wurde 1867 erstmals von *Jarjavay* genannt (zitiert nach [16]) und später durch *Neer* [1] geprägt.

Der zugrunde liegende biomechanische Vorgang wird am deutlichsten, wenn man sich den physiologischen Bewegungsablauf bei aktiver Abduktion vor Augen führt: während der Oberarm in der Schulter abduziert wird, klemmt sich der M. supraspinatus zwischen Humeruskopf und Schulterdach zunehmend ein (Impingement: englisch: Einklemmung), wenn unter dem coracoacromialen Bogen nicht ausreichend Platz ist.

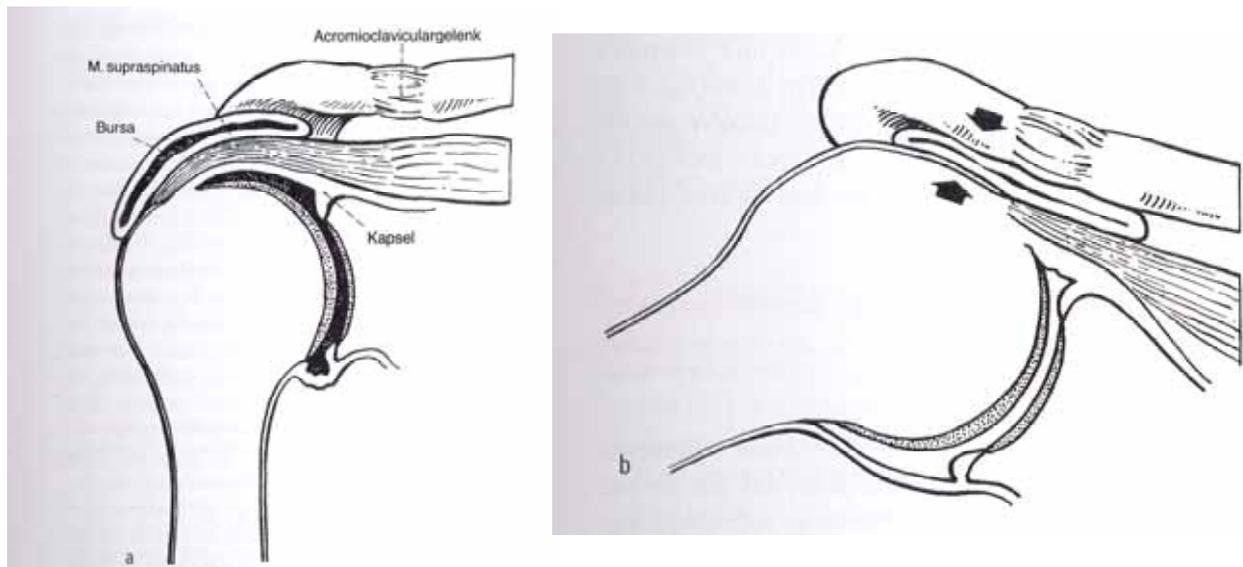


Abbildung 1.2: Veranschaulichung des Impingement a: Skizze des Schultergelenkes in der Sagittalebene; b: Skizze des Schultergelenkes bei Abduktion reproduziert aus [2].

Bigliani et al. [17] beschreiben drei Acromion Typen (Typ A, B, C), die je nach Ausprägung der Acromionunterfläche den Subacromialraum einengen. Anhand anatomischer Präparate konnten *Aoki* et al. [18] und *Zuckermann* et al. [19] eine Korrelation zwischen dem Acromion Typ C nach *Bigliani* und einer Einengung des Subacromialraumes zeigen.

Repetitive Abduktionsbewegungen, vor allem im sogenannten schmerzhaften Bogen zwischen 60 und 120 Grad Abduktion, führen in der Summation zu rezidivierenden Mikrotraumen, somit zu einer Auffaserung der Supraspinatussehne und damit zu einer bursaseitigen Partialruptur [20].

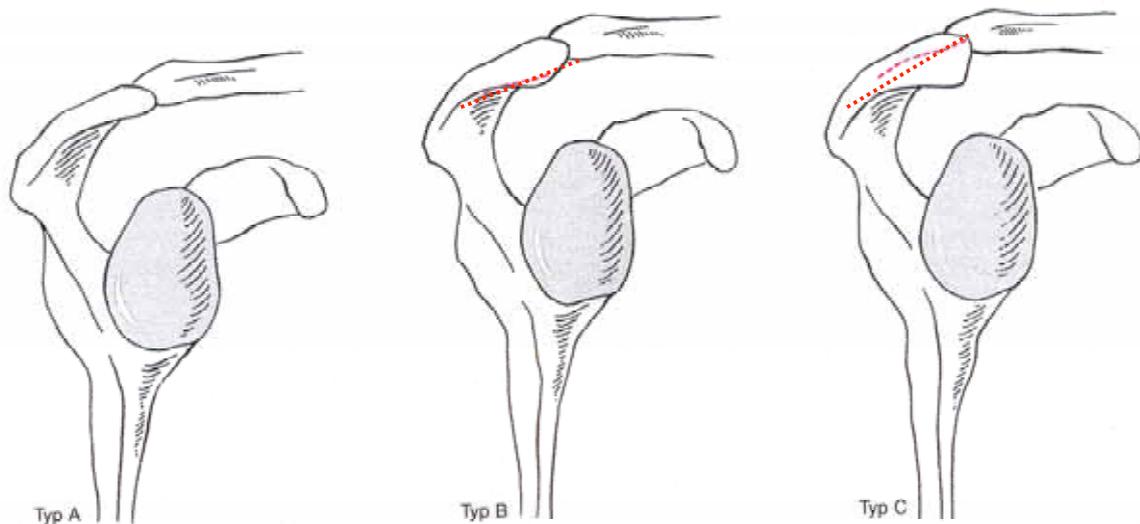


Abbildung 1.3: Einteilung der Acromiontypen nach *Bigliani* entsprechend dem Neigungswinkel der Acromionunterfläche in Typ A flaches Acromion, Typ B leicht gekrümmtes Acromion, Typ C Acromion mit ventralem subacromialen Haken reproduziert aus [2]. Die rot gestrichelte Markierung zeigt die Grenze von Typ A zu Typ B und Typ C an – sie entspricht gleichfalls der Resektionsebene bei einer subacromialen Dekompression zur Überführung der verschiedenen Acromiontypen in ein Acromion Typ A nach *Bigliani*.

Bereits im Jahre 1937 hatte *Meyer* die These des „wear and tear“ vertreten, bei der er die Partialruptur der Rotatorenmanschette nicht als Folge einer Maximalbelastung gesehen hatte, sondern vielmehr als Folge vieler repetitiver Bewegungen. Morphologisch beschrieb er Veränderungen in den Weichteilen, die durch eine zottige Veränderung der Bursa, durch eine Ausdünnung der Gelenkkapsel und ein sukzessives Einreißen der Sehnen gekennzeichnet sind.

Diese morphologischen Veränderungen wurden später von *Neer* aufgenommen und in die folgenden Stadien gegliedert:

- Stadium I: Ödematöse Schwellung mit Einblutung in die Sehne. Reversibel beim jungen Patienten
- Stadium II: Fibrosierung, Tendinitis und Verdickung von Sehne und Bursa durch rezidivierende Reizungen zwischen dem 25. und 40. Lebensjahr
- Stadium III: Chronischer entzündlicher, mechanischer Prozess, der über eine Partialruptur zur kompletten Ruptur führt.

Andere Autoren [21, 22] sehen den intratendinösen Riss als ursächlich an, der sich in der Folge durch die hohe mechanische Beanspruchung nach bursal weiter ausdehnt. Die Entstehung der artikulareseitigen RM Rupturen wird multifaktoriell beschrieben: So gehört hierzu das bereits oben beschriebene mechanische Outlet Impingement, aber auch die chronische Instabilität und die traumatischen oder posttraumatischen Veränderungen, sowie altersabhängige intrinsische Faktoren, die mit einer verminderten Vaskularisierung einhergehen.

Die gelenkseitige avaskuläre Zone der Sehne des M. supraspinatus befindet sich ca. 0,5-1,0 cm proximal der Insertion am Tuberculum majus. Dies ist der Bereich der grössten Druckbelastung am Humeruskopf, so dass sich die Sehne hier metaplastisch umformt [23] (Abb. 1.4).

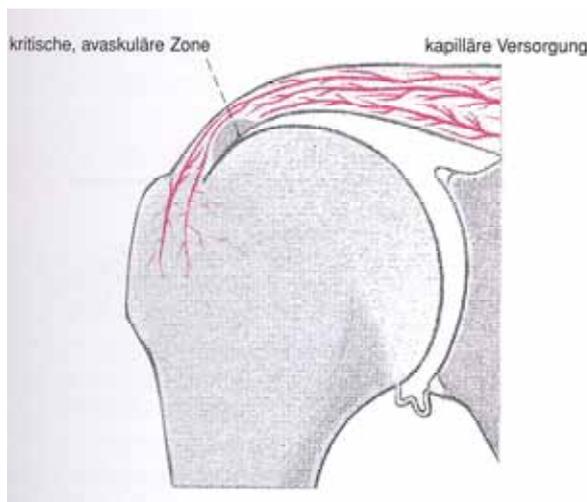


Abbildung 1.4: Schematische Darstellung des Schultergelenks (Sagittalebene) zur Veranschaulichung der Areale im ansatznahen, gelenkseitigen Gewebe der Rotatorenmanschette, die durch eine Minderdurchblutung gefährdet sind. (Reproduziert aus [2]).

Im Kapitel 2 wird im Einzelnen auf die aktuellen Klassifikationen der RM Rupturen näher eingegangen. Im Einzelnen sind dies:

- Klassifikation nach *Bateman*
- Klassifikation nach *Snyder*
- Klassifikation nach *Ellman*
- Klassifikation nach *Patte*
- Klassifikation nach *Romeo* und *Fox*

- Klassifikation nach *Habermeyer* (Sektoreneinteilung)
- Klassifikation nach *Goutallier*
- Klassifikation nach *Thomazeau*

Keine dieser Klassifikationen berücksichtigt jedoch sowohl anatomische als auch pathomechanische Aspekte der RM Rupturen, um diese dann entsprechend dem arthroskopischen Befund gruppieren zu können. Eine eigens für die arthroskopisch erhobenen Befunde der partiellen Rupturen der Rotatorenmanschette optimierte Klassifikation existierte bislang nicht.

1.3 Fragestellung

Aufgrund der unterschiedlichen Pathomechanismen der bursaseitigen und artikularseitigen Rupturen sowie der unterschiedlichen Schweregrade sollte eine für die Beschreibung arthroskopischer Befunde taugliche Klassifikation diese Aspekte ausreichend berücksichtigen. Auch dieser Anforderung werden die bestehenden Klassifikationen nicht oder nicht vollständig gerecht. Daher entwickelten wir eine neue Klassifikation, die besonders die arthroskopischen Befunde unter Berücksichtigung der Pathomechanik abbilden kann. Die vorliegende Arbeit stellt eine solche, auf die speziellen Erfordernisse der arthroskopischen Schulterchirurgie abgestimmte, Klassifikation vor. Diese Klassifikation wurde von *Habermeyer et al.* entwickelt und berücksichtigt vor allem folgende Aspekte:

- Pathomechanik der Rupturentstehung
- Arthroskopischer anatomischer Bezug/Lokalisation
- Rupturgrösse in der Transversalebene
- Rupturbreite in der Longitudinalebene

Anhand eines konsekutiv untersuchten Patientenkollektivs werden in dieser Arbeit die Häufigkeiten pathologischer Befunde ermittelt und nach der neuen Klassifikation eingeteilt. Die Klassifikation wird mit den bisher gebräuchlichen Einteilungen von *Snyder* und *Ellmann* verglichen.

2 Material und Methodik

2.1 Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur

Die aktuellen Klassifikationen der Rotatorenmanschettenrupturen berücksichtigen verschiedene anatomische, pathologische, funktionelle und diagnostische Indikatoren. Sie werden im Folgenden in der Reihenfolge ihrer Erstbeschreibung kurz dargestellt. Die dieser Arbeit zugrunde liegende Klassifikation nach *Habermeyer* wird am Ende des Abschnitts ausführlich erläutert.

2.1.1 Klassifikation der kompletten Rotatorenmanschettenruptur nach *Bateman*

Die Klassifikation nach *Bateman* wurde erstmals 1920 [24] vorgestellt und beschränkt sich auf die Einteilung der kompletten RM Ruptur in vier verschiedene Grade:

- Grad 1 < 1cm
- Grad 2 1-3 cm
- Grad 3 3-5 cm
- Grad 4 > 5 cm

2.1.2 Klassifikation nach *Patte*

Das 1990 entworfene Klassifikationssystem nach *Patte* [25] sollte anhand der anatomisch-pathologischen Korrelation eine prädiktive Aussage über das Ergebnis einer konservativen bzw. operativen Therapie ermöglichen.

Diese Klassifikation unterteilt nach

Grösse der Ruptur:

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

Topographie der Ruptur in der sagitalen Ebene:

- Segment 1 Subscapularis
- Segment 2 Coracohumerales Ligament
- Segment 3 Supraspinatus
- Segment 4 Supraspinatus und obere Hälfte des Infraspinatus
- Segment 5 Supraspinatus und gesamter Infraspinatus
- Segment 6 Subscapularis, Supraspinatus und Infraspinatus

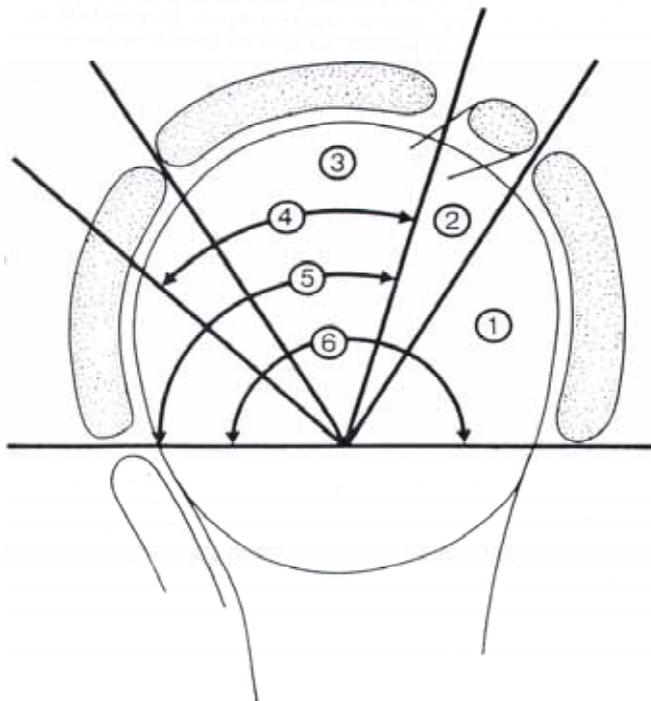


Abbildung 2.1: Erläuterung der Klassifikation nach *Patte*, Einteilung der Rupturlokalisation in der Sagittalebene Segment 1 bis Segment 6 aus [25]

Dies ermöglicht die Einteilung in

- Anterior-superiore Rupturen Segment 1, 2, 3
- Superiore Rupturen Segment 2, 3
- Posterior-superiore Ruptur Segment 4, 5
- Rotatorenmanschettenmassenruptur Segment 6

Topographie der Ruptur in der Frontalebene:

- Stadium I proximaler Sehnenstumpf befindet sich in der Nähe der Insertionsstelle zwischen Tuberculum majus und Apex

Stadium II proximaler Sehnenstumpf auf Höhe des Oberarmkopfes zwischen Apex und Glenoidrand

Stadium III proximaler Sehnenstumpf auf Höhe des Glenoid bzw. hinter dem Glenoidrand

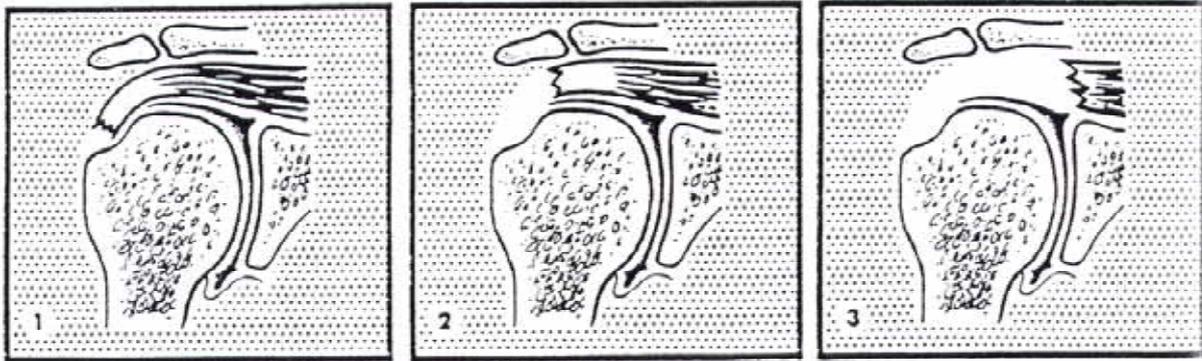


Abbildung 2.2: Erläuterung der Rupturlokalisation nach *Patte* in der Frontalebene Einteilung in Stadium I (ansatznahe Ruptur der Sehne), II (proximaler Sehnenstumpf lateral des Glenoidrands) und III (proximaler Sehnenstumpf auf Höhe des Glenoids) reproduziert aus [25].

Eine direkte Korrelation zwischen der Rupturgrösse in der Sagittalebene und dem Zustand der langen Bizepssehne (intakt, gerissen, disloziert) wird von *Patte* ebenfalls beschrieben [25].

2.1.3 Klassifikation nach *Ellman*

Die arthroskopische Klassifikation der RM-Partialruptur nach *Ellman* [26] bezieht sich auf die relative Grösse der Ruptur bezogen auf den gesamten Sehnendurchmesser:

- Grad 0 : Normalbefund
- Grad I : <1/4 des Sehnendurchmessers oder <3 mm
- Grad II : <1/2 des Sehnendurchmessers oder 3-6 mm
- Grad III: >6 mm

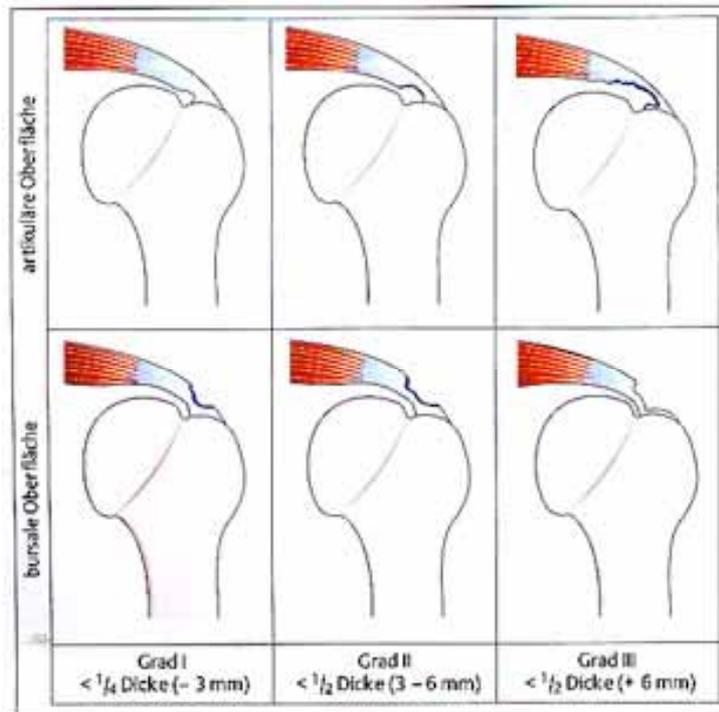


Abbildung 2.3: Illustration der Rupturformen nach *Ellman*, Unterteilung in artikulareseitige und bursalseitige Rupturen sowie in Grad I bis Grad III. Die Zunahme der Rupturgröße wird von links nach rechts dargestellt, die artikulareseitigen Rupturen in der oberen Zeile, die bursalseitigen in der unteren Zeile. (Reproduziert aus [26]).

Des Weiteren unterscheidet *Ellman* die Art der Rupturform in

- Transversale Ruptur: Ruptur an der Insertionsstelle
- Crescent cable: Transversalruptur und Deformierung durch Subscapularis und Infraspinatuszug
- L-förmige Ruptur: Transversalruptur mit Ausbreitung in das Intervall zwischen Supraspinatus und Infraspinatus
- Reverse L-förmige Ruptur: Transversalruptur mit Ausbreitung ins Rotatorenintervall
- Trapezoidale Ruptur: L-förmig und reversed L-förmige Ruptur
- Rotatorenmanschetten-Massenruptur: Ausbreitung in M. Teres minor oder den anterioren Bereich des M. Subscapularis

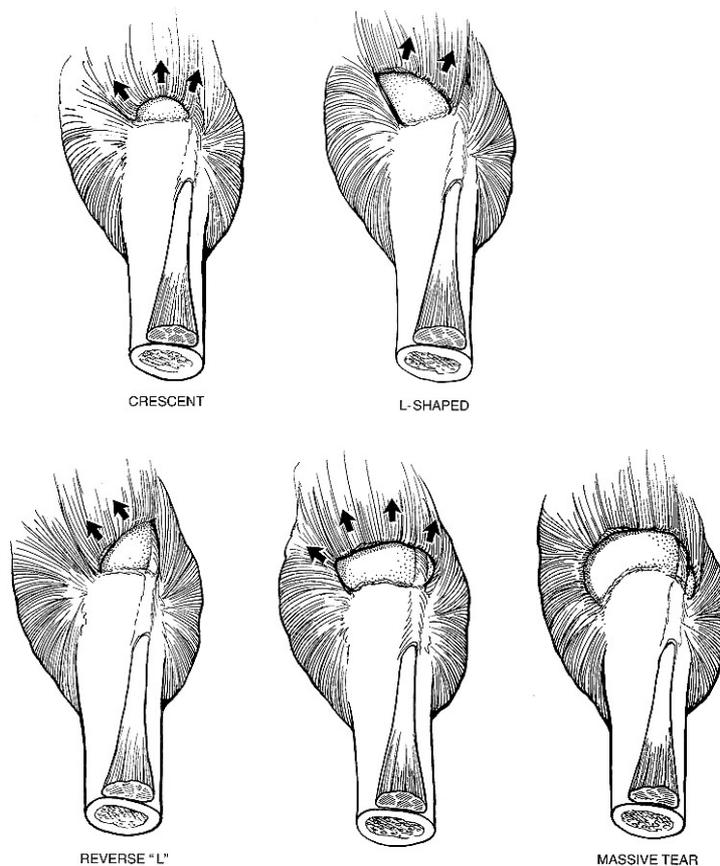


Abbildung 2.4: Schematische Darstellung der weiteren Untergliederung der Rupturformen nach *Ellman*, reproduziert aus [26]. In den oberen drei Grafiken finden sich von links nach rechts die transversale (Crescent), die L-förmige sowie in der zweiten Reihe die umgekehrt L-förmige, die trapezoidale und die Massenruptur.

2.1.4 Klassifikation nach *Snyder*

Im Jahre 1994 publizierte *Snyder* und Mitarbeiter eine Klassifikation, die sich anhand der anatomischen Nähe zum Gelenk oder Subacromialraum in die Klasse A, B und C definiert.

- Klasse A artikulareseitige Rupturen
- Klasse B bursaseitige Rupturen
- Klasse C komplette Rupturen

Zusätzlich wird die Grösse der jeweiligen Ruptur beurteilt:

- Grad 0 intakte Rotatorenmanschette,
leichte Auflagerung von Synovia und Bursa

- Grad I < 1 cm, Synovitis
- Grad II 1 cm, Sehnen Splicing, Sehnenpartialruptur
- Grad III < 3 cm, Fragmentation
- Grad IV > 3 cm, schwerwiegende proximale RM Partialruptur, Lappenriss

Eine Sonderform stellt die sog. „PASTA Läsion“ dar. Hierbei handelt es sich um eine traumatische subtotale Ruptur beim jungen sportlichen Patienten.

2.1.5 Klassifikation nach *Romeo* und *Fox*

Im Jahr 2003 stellten *Romeo* und *Fox* [27] ihre Klassifikation vor, die die Rupturgrösse in Bezug auf die gesamte Subscapularissehne beschreibt.

- Typ I: Partialruptur
- Typ II: Komplette Ruptur der oberen 25 % der Sehne
- Typ III: Komplette Ruptur der oberen Hälfte der Sehne
- Typ IV: Komplette Ruptur der Sehne

Die folgende Abbildung erläutert die Klassifikation nach *Romeo und Fox*:

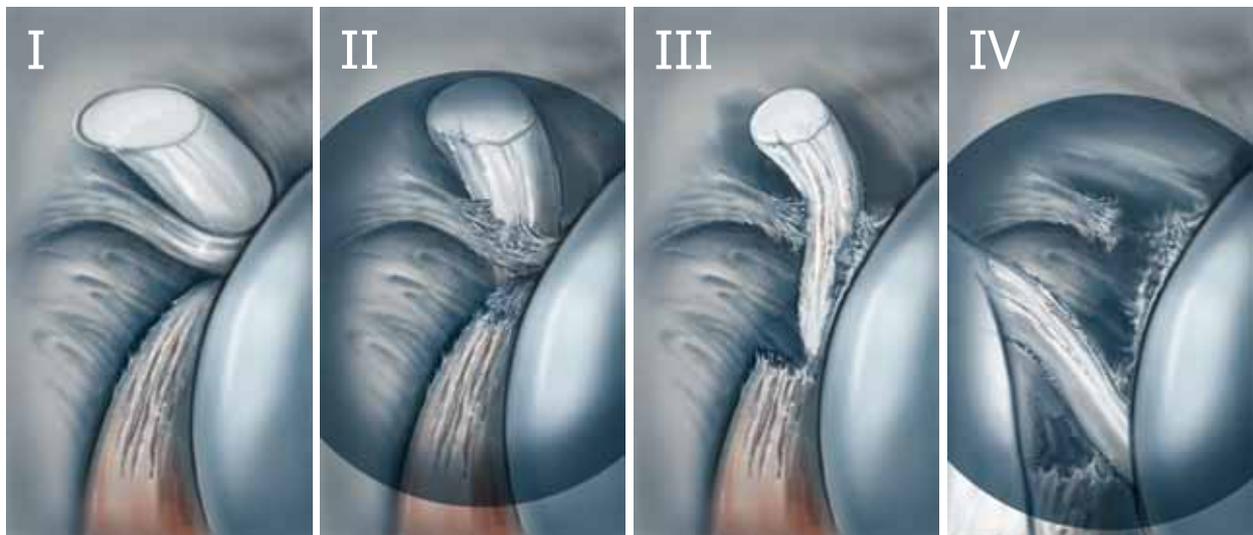


Abbildung 2.5: Einteilung der Rupturen der Subscapularissehne nach *Romeo und Fox* von links (Typ I) nach rechts (Typ IV) dargestellt.

2.1.6 Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur (Sektoreneinteilung) nach *Habermeyer*

Die bereits bestehende Klassifikation (Sektoreneinteilung) nach *Habermeyer* unterteilt die Läsionen nach der Lokalisation in verschiedenen Sektoren:

- Zone (Sektor) A: ventrale Abschnitte mit Subscapularissehne, Rotatorenintervall und langer Bizepssehne
- Zone (Sektor) B: kranialer Abschnitt im Bereich der Supraspinatussehne
- Zone (Sektor) C: dorsale Läsionen im Bereich der Mm. infraspinatus und teres minor

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

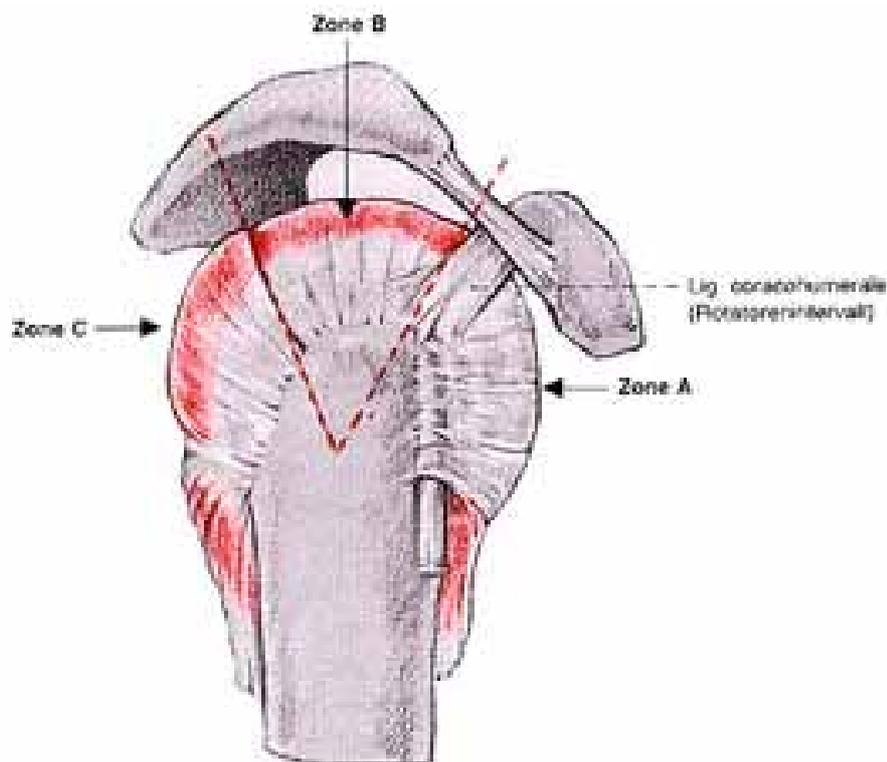


Abbildung 2.6: Zeichnung zur Erläuterung der Einteilung der Zonen A, B, C nach *Habermeyer*. Hierbei handelt es sich um eine laterale Ansicht des Schultergelenks nach Entfernung des M. deltoideus – die rote Markierung unterteilt die Sektoren A, B und C, wobei die Verlängerungslinie der Spina scapula die Sektor B von C trennt. Sektor A wird von Sektor B durch das Lig. coracohumerale getrennt.

2.1.7 Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur in der Computertomographie nach *Goutallier*

Je nach trophischer Muskelqualität wird von *Patte* und *Goutaillier* 1989 [28, 29] mit Hilfe der Computertomographie oben erläuterte Klassifikation nach *Patte* (Kapitel 2.1.2) in weitere 4 Subkategorien unterteilt:

Grad I	geringe Verfettung
Grad II	weniger muskuläre Verfettung als Muskelmasse
Grad III	fettige Degeneration mit Muskelmasse identisch
Grad IV	vermehrte fettige Degeneration im Vergleich zur Muskelmasse

2.1.8 Klassifikation der Rotatorenmanschettenruptur in der Magnetresonanztomographie nach *Thomazeau*

Eine weitere bildgebende Klassifikation wurde 1997 entwickelt. *Thomazeau* [30, 31] unterteilt die muskuläre Atrophie (Inaktivitätsatrophie) im MRT in 3 Grade:

- Grad I: normaler oder nur gering atrophierte Muskel, bei dem das Verhältnis zwischen Muskel und Fossa supraspinata zwischen 1,00 und 0,60 liegt
- Grad II: mäßige Atrophie, das Verhältnis Muskel zu Fossa supraspinata liegt zwischen 0,60 und 0,40
- Grad III: schwere Atrophie, das Verhältnis Muskel zu Fossa supraspinata liegt unter 0,40

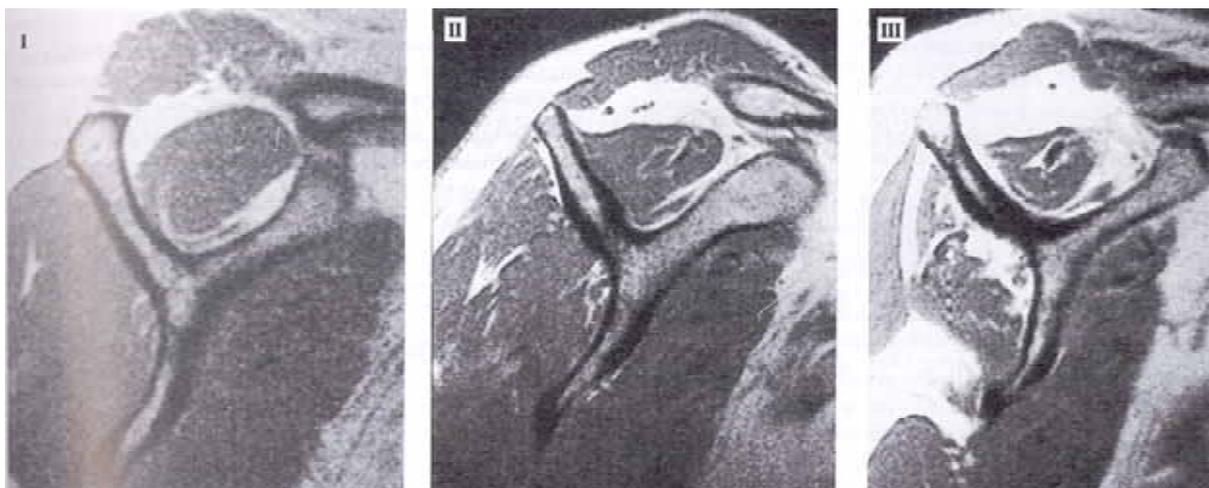


Abbildung 2.7: MRT Bilder zur Erläuterung der muskulären Atrophie des M. supraspinatus in den Stadien I bis III nach *Thomazeau* reproduziert aus [31]. Die Scapula stellt sich in der Sagitalebene „Y-förmig“ dar, darüber kreisrund der M. supraspinatus (schwarz), der bei zunehmender fettiger Degeneration immer kleiner wird. Die fettigen Anteile (weiss) nehmen dabei zu.

2.1.9 Arthroskopische Klassifikation der artikulareseitigen Rotatoren-manschettenpartialruptur nach *Habermeyer*

Ziel der neuen Klassifikation nach *Habermeyer* ist die exaktere Erfassung und Einteilung der arthroskopisch dargestellten partiellen gelenkseitigen Rupturen der Rotatorenmanschette (articular sided Partial Rotatory Cuff Tear: asPRCT). Hierzu wurde aus der Erfahrung von mehr als 2.000 arthroskopischen Eingriffen bei PRCT und der vorhandenen Fotodokumentation folgende Klassifikation entwickelt.

- Zone A: Ruptur des Pully Systems im Bereich der medialen Grenze zur Supraspinatussehne und/oder in der Crescent Zone.
- Zone B: Isolierte Partialruptur der Supraspinatussehne in der Crescent Zone, intaktes Rotatorenintervall
- Zone A & B: Ruptur ausgehend vom lateralen coracohumeralen Ligament bis in den medialen Anteil der Supraspinatussehne

Die Abbildungen 2.8 bis 2.12 stellen anhand halbschematischer Grafiken die Klassen näher dar:

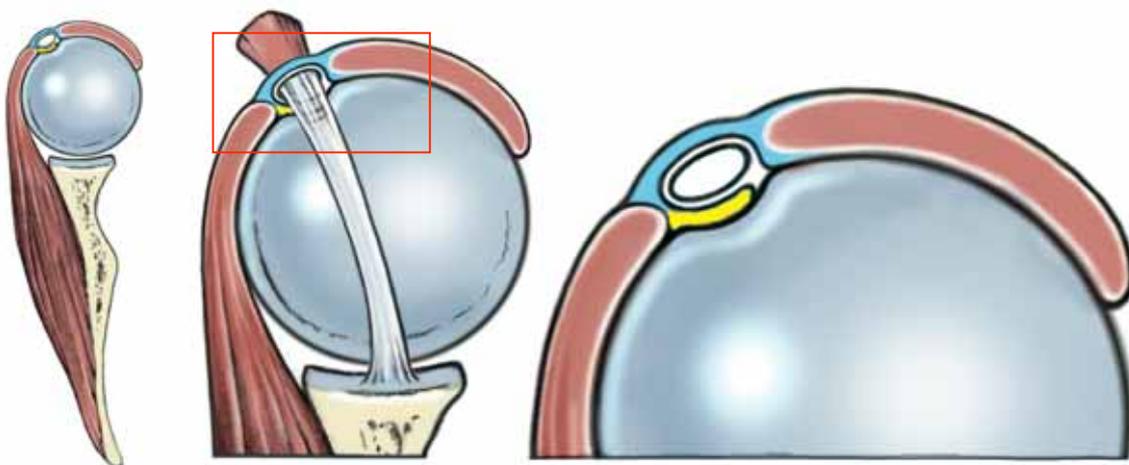


Abbildung 2.8: Halbschematische Grafik (Querschnitt) durch das Schultergelenk. Normalbefund. Von links nach rechts wird zunächst die Gesamtansicht dargestellt und dann immer weiter an das relevante Areal herangezoomt. Die Ausschnittsvergrößerung wird in der mittleren Grafik mit einem roten Rechteck dargestellt.

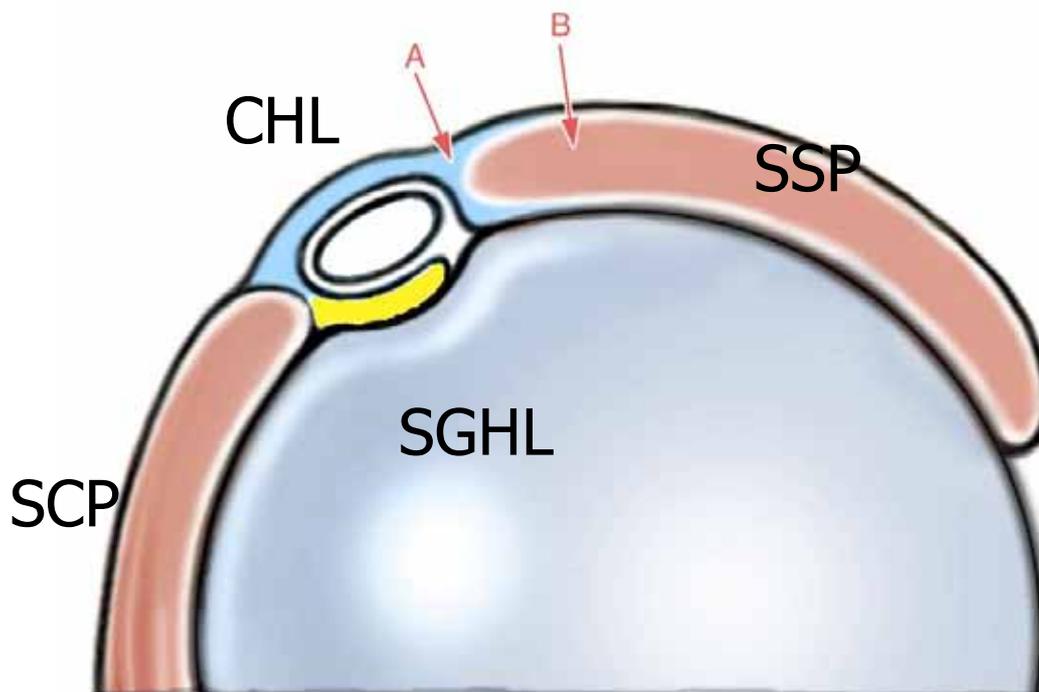


Abbildung 2.9: Halbschematische Grafik eines Normalbefundes (Querschnitt); Zone A und Zone B (mit roten Pfeilen markiert) im Verhältnis zu den anatomischen Strukturen der Supraspinatussehne (SSP), Subscapularissehne (SCP), des Lig.glenohumerale superius (SGHL) und dem Lig.coracohumerale (CHL).

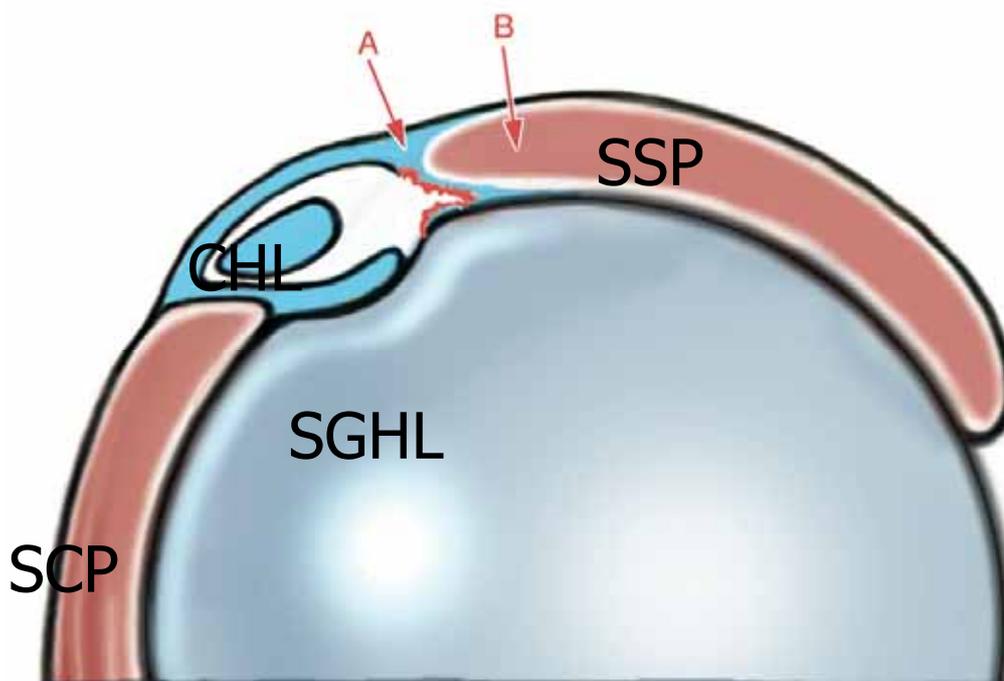


Abbildung 2.10: Halbschematische Grafik (Querschnitt) einer Partialruptur in Zone A nach Habermeyer; Supraspinatussehne (SSP), Subscapularissehne (SCP), des Lig.glenohumerale superius (SGHL) und dem Lig.coracohumerale (CHL)

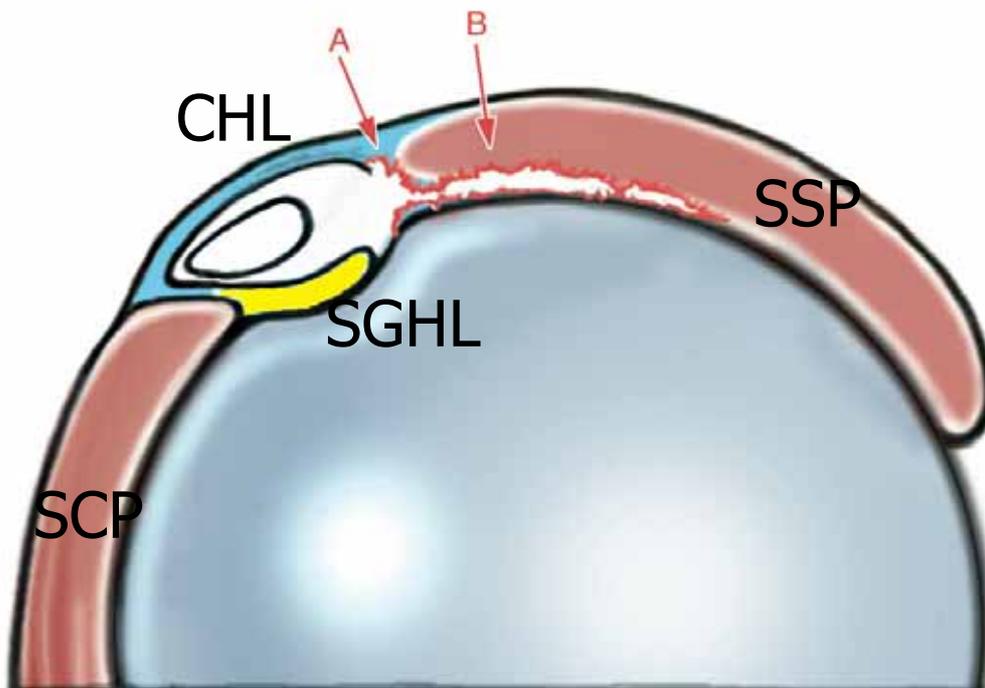


Abbildung 2.11: Halbschematische Grafik (Querschnitt) einer Partialruptur in Zone A nach *Habermeyer*; Supraspinatussehne (SSP), Subscapularissehne (SCP), des Lig.glenohumerale superior (SGHL) und dem Lig.coracohumerale (CHL)

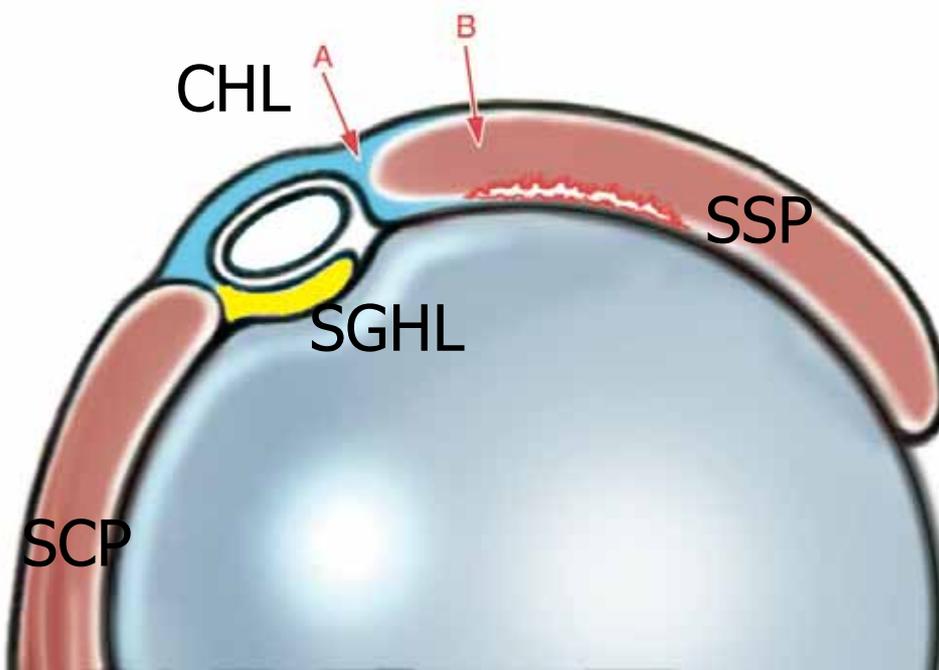


Abbildung 2.12: Halbschematische Grafik (Querschnitt) einer Partialruptur in Zone B nach *Habermeyer*; Supraspinatussehne (SSP), Subscapularissehne (SCP), des Lig.glenohumerale superior (SGHL) und dem Lig.coracohumerale (CHL)

Die Abbildung 2.13 stellt die longitudinale Ausbreitung der Rupturen im Bereich der Transition Zone dar und dient der Veranschaulichung in der zweiten Ebene.

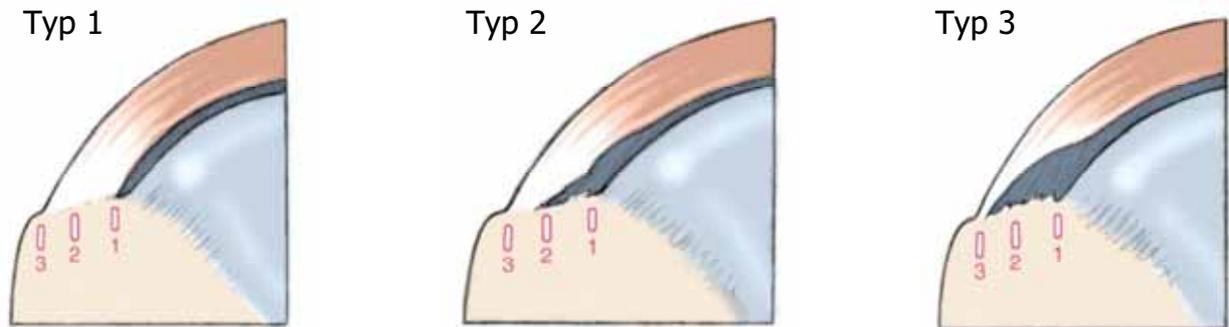


Abbildung 2.13: Schematische Darstellung der Rupturen im Bereich der Transition Zone; Typ I zeigt eine beginnende Ruptur im Bereich der Knorpel-Knochengrenze; Typ II zeigt eine zunehmende Rupturgrösse im Bezug auf die gesamte Sehnenbreite im Sulcus intertubercularis und Typ III zeigt eine fast komplette Ruptur im Bereich der Knorpel-Knochengrenze mit arthroskopischem Blick auf das Tuberculum majus

2.2 Studiendesign

2.2.1 Patienten

Im Zeitraum von September 2002 bis zum Mai 2004 wurden prospektiv/konsekutiv alle Patienten, bei denen aufgrund klinischer, sonographischer oder aus dem MRT erhobener Befunde eine partielle Ruptur der Rotatorenmanschette (RM) diagnostiziert wurde, in diese Studie eingeschlossen. Die Auswertung der Daten setzte die Information und Einwilligung der Patienten voraus.

Insgesamt wurden 64 Patienten, davon 31 Männer und 33 Frauen mit einem mittleren Alter von 54 Jahren in diese Studie eingeschlossen.

Die Einschlusskriterien wurden wie folgt definiert:

- Schmerzhaftes Bewegungseinschränkung der Schulter
- Klinisch, sonographisch und kernspintomographisch gesicherte RM Partialruptur
- Konservativ therapieresistente Ruptur
- Operative RM Rekonstruktion notwendig
- Einwilligung in die klinische Studie

Als Ausschlusskriterien galten:

- Voroperation an der entsprechenden Schulter
- Rotatorenmanschettenmassenruptur
- Arthrose des Glenohumeralgelenkes
- Z.n. Schulterluxation
- Gesicherte primär traumatische Ruptur der RM
- Komplette Ruptur der RM

2.2.2 Diagnostik

Die Patienten wurden vor der operativen Indikationsstellung und Aufnahme in die Studie nach einem vorab definiertem standardisierten Untersuchungsablauf untersucht. Neben der ausführlichen Anamnese zur aktuellen Schmerzsymptomatik, dem Funktionsverlust in Alltag und Beruf sowie den funktionellen Ansprüchen an die

Schulter erfolgte eine klinische, sonographische und kernspintomographische Untersuchung. Die klinische Untersuchung wurde am stehenden Patienten mit vollständig entkleidetem Oberkörper durchgeführt. Zunächst wird inspektorisch die Schulterkontur, das Muskelrelief sowie das Hautkolorit beschrieben. Palpatorisch wird der Muskeltonus der Schulternackenmuskulatur sowie der paravertebralen Muskulatur bestimmt. Bevor die eigentliche Untersuchung der Schulter vorgenommen wird, muss grob orientierend die Halswirbelsäule untersucht werden, um möglicherweise die von der Halswirbelsäule ausgehenden radikulären Symptome ausschliessen zu können. Selbstverständlich wird die Durchblutung, Sensibilität und Motorik ebenfalls erfasst. Sowohl das aktive als auch das passive Bewegungsausmass im Schultergelenk wird mit der Neutral-Null-Methode nach *Debrunner* bestimmt und in einem speziell hierfür entworfenen Dokumentationsbogen (Befundix Bogen) dokumentiert.

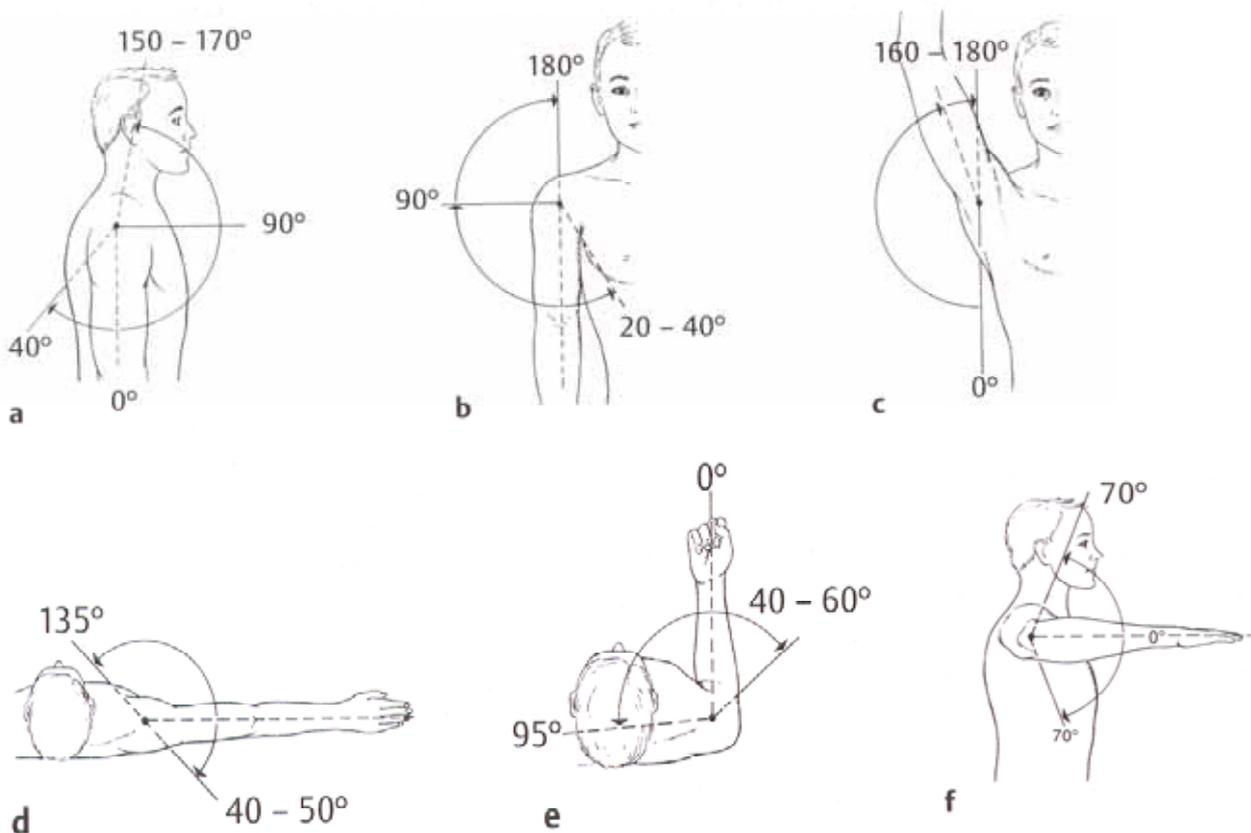


Abbildung 2.14: Bewegungsumfang des Schultergelenkes nach der Neutral-Null-Methode nach *Debrunner*. a: Anteversion und Retroversion, b: Abduktion und Adduktion, c: Elevation, d: Horizontalflexion/-extension, e: Aussen- und Innenrotation bei hängendem Arm, f: Aussen- und Innenrotation bei 90° Abduktion reproduziert aus [32]

In allen Bewegungsebenen wird die Funktion der Muskelkraft nach *De Palmer* bestimmt, wobei zwischen der schmerzbedingten Abschwächung und einer reinen muskulären Schwäche nicht immer eindeutig zu differenzieren ist. Neben der Überprüfung des Bewegungsausmass und der Kraft wird auch auf die scapulothorakale Führung geachtet. Der Patient steht mit dem Rücken zum Untersucher und führt langsam die Arme vor dem Körper nach oben, wobei der Untersucher dabei die Scapula Bewegung auf der Thoraxwand beurteilt. Ein gestörter scapulothorakaler Rhythmus ist Hinweis gebend für eine Schulterpathologie. Zur objektivierbaren Überprüfung der Rotatorenmanschette werden die nachfolgenden klinischen Tests herangezogen: Die isometrische Testung der Rotatorenmanschette nach *Jobe* und *Patte*. Hierfür wird die Kraft bei ausgestrecktem Arm, ca. 30 Grad in der Scapula Ebene zunächst mit dem Daumen nach unten und später nach oben geprüft.

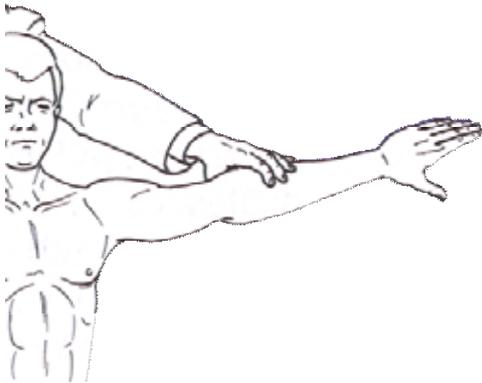


Abbildung 2.15: Rotatorenmanschettentest (SSP) nach *Jobe* reproduziert aus [32]

Die Impingementzeichen nach *Neer* und *Hawkins* dienen der Diagnose eines möglichen mechanischen Outlet Syndroms. Sind diese Test schmerzhaft oder positiv ist von einer subacromialen Enge auszugehen, die radiologisch verifiziert werden kann.

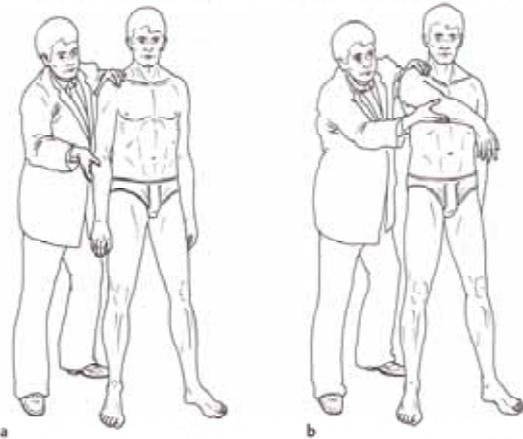


Abbildung 2.16: Impingementzeichen nach *Neer*. Bei dieser Untersuchung fixiert eine Hand des Untersuchers die Scapula, während die andere den Arm des Patienten ruckartig nach vorne seitlich in die Abduktionsebene über die Horizontale hebt – bei einem positiven Impingementsyndrom kommt es durch Anstoßen der erkrankten Zone am vorderen unteren Akromionrand zu einem ausgeprägten Bewegungsschmerz reproduziert aus [32]

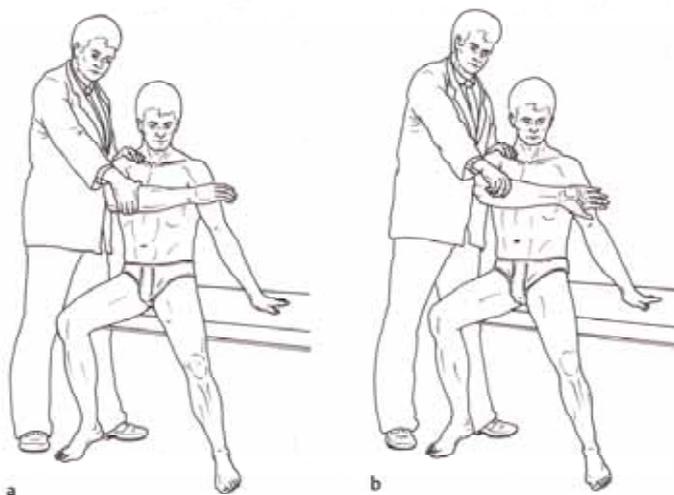


Abbildung 2.17: Impingementzeichen nach *Hawkins* a: Ausgangstellung, b: forcierte Innenrotation nach *Jobe*; ebenso wie beim Impingementtest nach *Neer* wird die Scapula mit einer Hand fixiert, während die andere Hand den 90° antevertierten und innenrotierten Arm adduziert reproduziert aus [32]

Die sonographische Untersuchung wird am sitzenden Patienten mit einem 7,5 MHz Linear-Schallkopf (Siemens) in den von der DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) vorgeschriebenen 6 standardisierten Schnittebenen durchgeführt. Alternativ hierzu kann die Hedtmann I und II Einstellung genutzt werden. Hierfür sitzt der Patient mit entkleidetem Oberkörper und Blick auf den

Ultraschallmonitor auf einem Untersuchungshocker. Während der Untersuchung führt der Untersucher den Arm des Patienten in verschiedene Schulter-Rotationsbewegungen, so dass sowohl in der statischen als auch dynamischen Untersuchung eine Aussage über die Sehnenqualität möglich ist. Die Dokumentation erfolgt in mindestens zwei Standardebenen, in der Regel in der Hedtmann I und Hedtmann II Einstellung. In der Hand eines erfahrenen Untersuchers lassen sich so umfassende Verbreiterungen, Stufenbildungen, Unterbrechungen der Bursagrenzschicht, Konturumkehrungen oder die fehlende Darstellung der Rotatorenmanschette sowie Veränderungen der Muskulatur und Kalibersprünge darstellen. Inhomogenitäten, Verkalkungen, echoarme oder echoreiche Zonen sowie die Kombination von beiden lassen eine recht genaue Beurteilung der Rotatorenmanschette, der langen Bizepssehne und der angrenzenden Bursen zu [33].

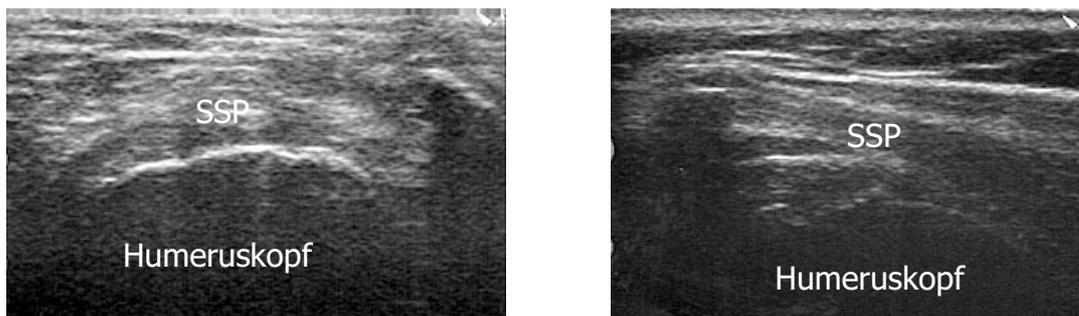


Abbildung 2.18: Sonographische Darstellung der Rotatorenmanschette in der Hedtmann I und Hedtmann II Einstellung (siehe Bildbeschriftung)

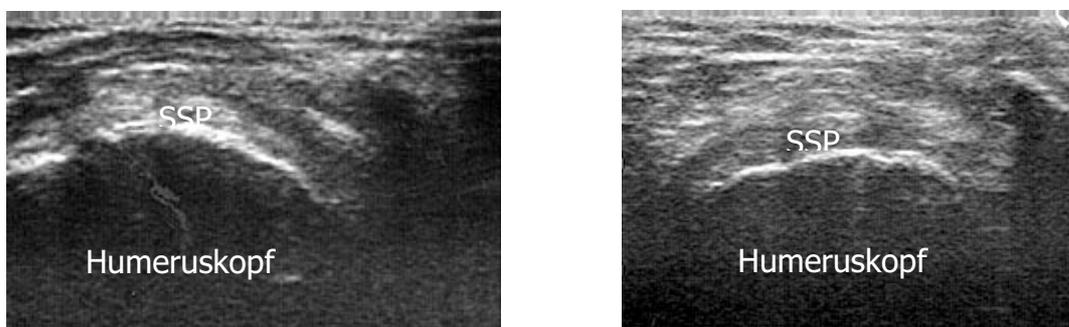


Abbildung 2.19: Sonographische Darstellung eines pathologischen Befundes, in diesem Fall eine SSP Partialruptur (siehe Bildbeschriftung)

Für die Diagnostik der Ruptur oder Partialruptur der Rotatorenmanschette sind Röntgenaufnahmen nur indirekt geeignet, dennoch schliesst eine gründliche Untersuchung der Schulter heute Röntgenstandardaufnahmen (Röntgenbilder in zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen) der Schulter mit ein. Radiologische Veränderungen können so hinweisgebend auf Erkrankungen der periartikulären Weichteile sein.

Die standardisierte Röntgenuntersuchung, auch Impingementserie genannt, beinhaltet eine true ap, eine y-view und eine axiale Aufnahme der entsprechenden Schulter.

Die Abbildung 2.20 zeigt eine ap-Aufnahme der rechten Schulter, die im Stehen durchgeführt wird. Hierbei liegt das Schulterblatt der Röntgenkassette flach an und der Zentralstrahl ist um ca.20° nach caudal geneigt. Bei aussenrotiertem Arm wird das Tuberculum majus profilgebend, zusätzlich überschneiden sich Vorder- und Hinterrand des Glenoid [34].



Abbildung 2.20: Röntgenbild der linken Schulter in ap und y view bei mechanischem Outlet Impingement und Supraspinatussehnenruptur.

Die MRT oder Arthro-MRT Untersuchungen wurden entweder unmittelbar vor der Operation durchgeführt oder von den Patienten zur Operation mitgebracht, so dass hier ebenfalls eine standardisierte Beurteilung erhoben und dokumentiert werden konnte.



Abbildung 2.21: Beispiel einer intratendinöse SSP-Ruptur im MRT T1-Wichtung in axialer, coronarer und sagittaler Richtung. Die Supraspinatussehne stellt sich in einer T1 Wichtung dunkel dar, so dass die Ruptur gut als Aufhellung (weiss) imponiert (Pfeil).

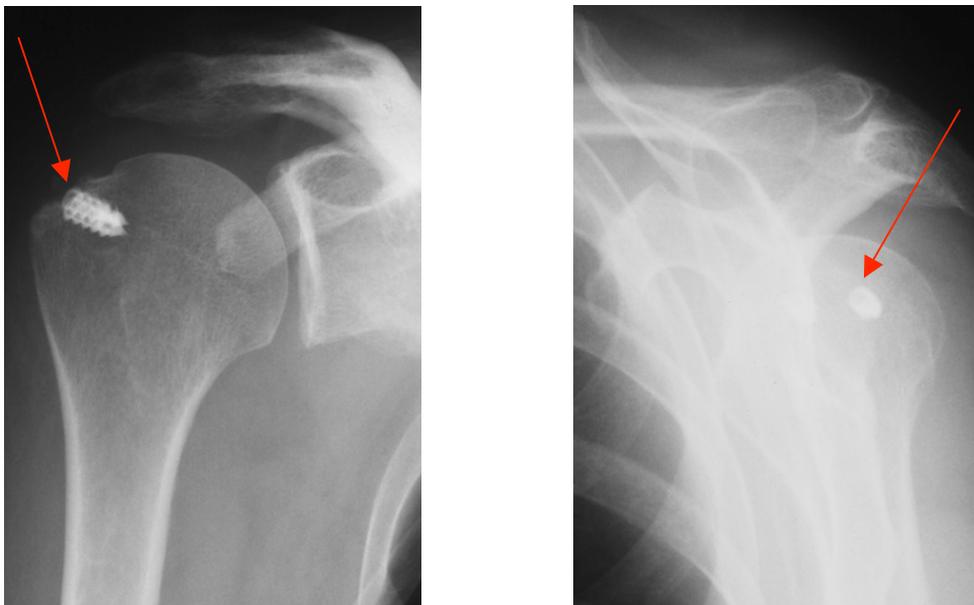


Abbildung 2.22: Postoperative Röntgenkontrolle nach SSP-Naht in Corkscrew Technik (Corkscrew zur Verankerung der SSP Naht, Pfeil), ap und y-view der rechten Schulter

2.2.3 Arthroskopie des Schultergelenks

Die Arthroskopien des Schultergelenks wurden mit einem 4mm Standardarthroskop mit 30 Grad Winkeloptik (Arthrex, Karlsfeld, Deutschland) bei 60 mm Wasserpumpendruck und gleichmässigem Pumpenflow in Intubationsnarkose durchgeführt.



Abbildung 2.23: Arthroskopieturm mit Wasserpumpe und Fotoprinter

Hierzu wird der Patient nach der Intubation in Beach Chair Position auf einem Maquet Operationstisch gelagert (Maquet, Rastatt, Deutschland) wobei der Kopf in achsgerechter Verlängerung in einer separaten Kopfstütze fixiert wird, um die zu operierende Seite frei beweglich lagern zu können.



Abbildung 2.24: Schematische Darstellung der Lagerung in Beach Chair Position reproduziert aus [2]

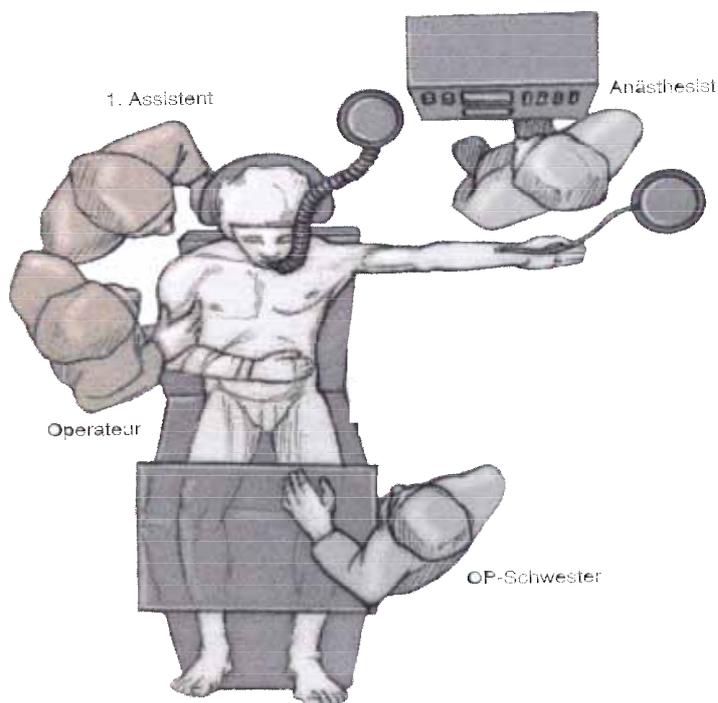


Abbildung 2.25: Schematische Darstellung der Positionierung des Operateurs und seines Assistenten sowie des Anästhesisten und der Narkoseeinheit modifiziert aus [2]



Abbildung 2.26: Beach Chair Lagerung des Patienten von der Seite und von Hinten

Nach ausgiebiger chirurgischer Desinfektion des Operationsgebietes wird mit selbstklebenden Einmaltüchern so abgedeckt, dass das U-Tuch in der Achsel angesetzt, ventral auf Höhe der Mamillen, dorsal unterhalb der Scapula und zum Hals hin konzentrisch wasserdicht abgeklebt wird. Die Hand sowie der Unterarm werden mit einer Stockinette und einem circulären selbsthaftenden elastischen Verband so abgedeckt, dass zu jedem Zeitpunkt der Operation eine freie Armbeweglichkeit gegeben ist.

Zu Beginn jeder Operation werden mit einem sterilen Marker die sogenannten anatomischen Landmarken (Acromion, AC-Gelenk, Clavicula, Coracoid und Spina scapulae) eingezeichnet, um während der Arthroskopie, bei der mit einem Druck von 60-100 mm Wassersäule die Spülflüssigkeit in das Gelenk gepumpt wird und dieses entsprechend anschwillt, die anatomische Orientierung zu behalten.

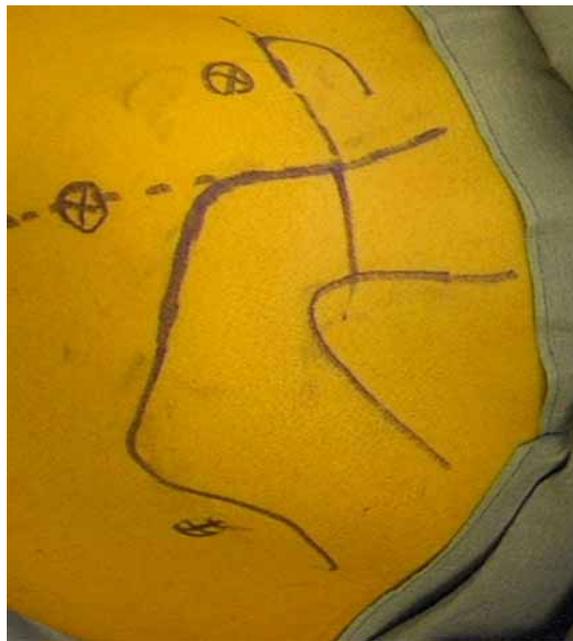


Abbildung 2.27: Sterile zirkuläre Abdeckung mit freier Armbeweglichkeit und angezeichneten Landmarken („landmarks“). Der Patient ist in „Beach Chair Position“ gelagert.

Nun beginnt die eigentliche Operation – nach Aufsuchen des dorsalen „soft spot“ zwischen Oberarmkopf und Glenoid wird zunächst mit einem spitzen Trokar in die Muskulatur und dann stumpf in die Kapsel eingegangen. Zielrichtung ist hier das

Coracoid. Sobald sich die richtige intraartikuläre Positionierung durch den Flüssigkeitsablauf im Strahl bestätigt, wird die Optik (4 mm, 30° Winkeloptik) eingebracht und das Gelenk mit Flüssigkeit aufgefüllt .



Abbildung 2.28: Operationssitus mit Arthroskop, Portal und Cork screw Setinstrumentarium

Nach Auffüllen des Gelenkes mit Ringerlösung kann die diagnostische Arthroscopie und Bursoskopie nach folgendem Schema standardisiert durchgeführt und beurteilt werden:

In der diagnostischen Arthroscopie interessieren vor allem die nachfolgend aufgeführten Punkte:

- Subscapularissehne (SCP) – Degeneration oder Ruptur ?
- Rotatorenintervall (RI) – Auftreibung oder Ruptur ?
- Lange Bizepssehne (LBS) – Tendinitis oder Ruptur ?
- Supraspinatussehne (SSP) – Degeneration oder Ruptur ?
- Infraspinatussehne (ISP) – Degeneration oder Ruptur ?
- Labrum glenoidale – Ablösung vom knöchernen Pfannenrand ?
- Knorpelbeschaffenheit des Humerus und des Glenoid

Die Beschaffenheit der Sehnen wird sowohl in der statischen als auch dynamischen Untersuchung beurteilt. Nur so können kleinste artikulare Rupturen festgestellt werden.

In der Bursoskopie, die in der Regel nach Erhebung des intraartikulären Befundes durch Umsetzen des Trokars nach subacromial durchgeführt wird, interessiert vor allem die

- RM Oberfläche – ausgefasert, verwachsen oder rupturiert ?
- Acromionunterfläche
- Osteophyten der lateralen Clavicula
- Lig.coracoacromiale

Die visuelle Dokumentation erfolgt mittels Fotoprinter (Sony, Berlin, Deutschland).

Im Folgenden werden zunächst arthroskopische Normalbefunde dargestellt um im weiteren Verlauf auf pathologische Befunde im Einzelnen eingehen zu können.



Abbildung 2.29: arthroskopischer Normalbefund mit Darstellung des SCP, der SSP, der LBS, des RI

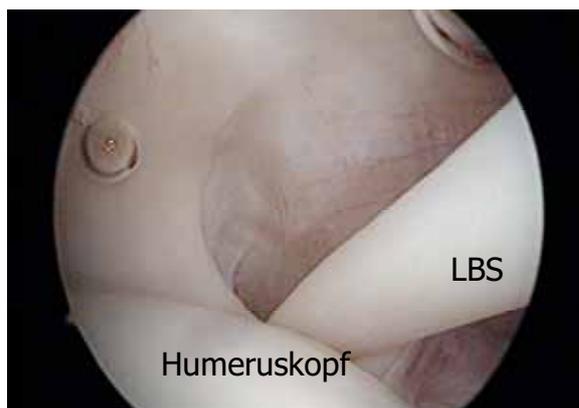


Abbildung 2.30: Arthroskopischer Normalbefund des ISP.



Abbildung 2.31: Arthroskopischer Normalbefund der SSP.

In den nachfolgenden Abbildungen 2.32 und 2.33 werden selektierte arthroskopische pathologische Befunde zum besseren Verständnis und besseren Visualisierung dargestellt.

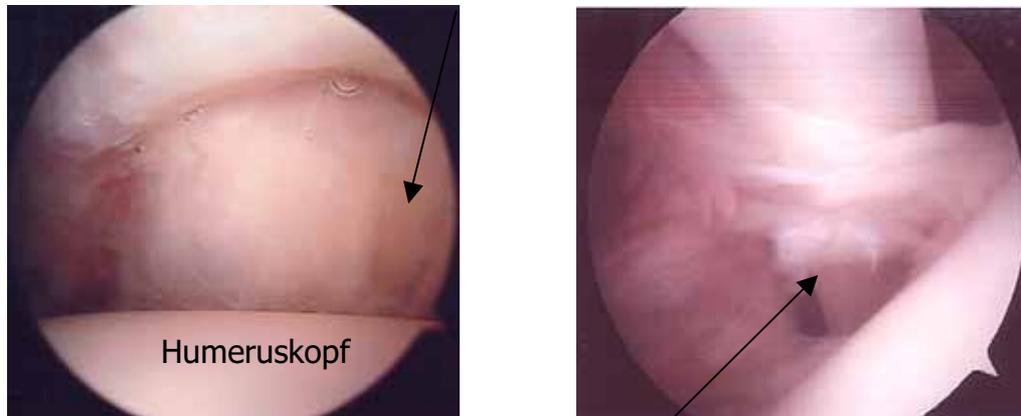


Abbildung 2.32: Arthroskopischer Befund einer SSP Ruptur (links) und RI Läsion (rechts). Beide Läsionen wurden mit einem schwarzen Pfeil markiert.

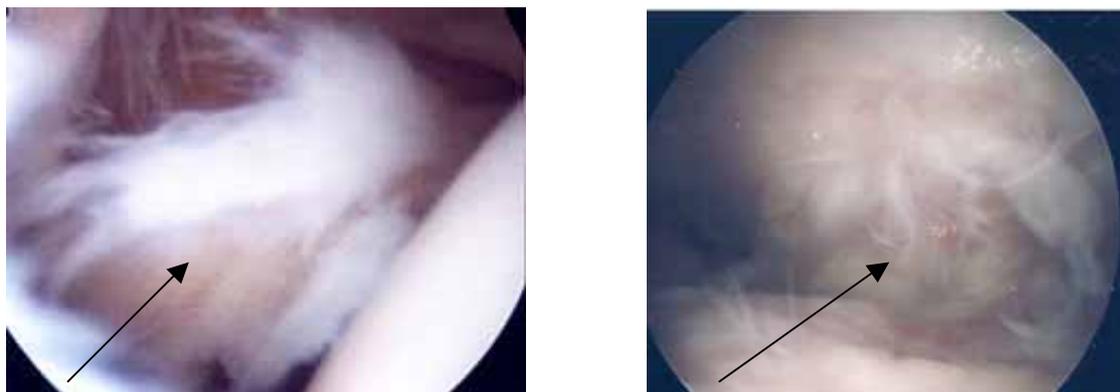


Abbildung 2.33: Arthroskopischer Befund einer SCP Ruptur (links) und einer SSP Ruptur (rechts). Beide Läsionen wurden mit einem schwarzen Pfeil markiert.

Abhängig von der Rupturgrösse und Lage wird eine End zu End oder Seit zu Seit Naht in Corkscrew Ankertechnik durchgeführt, um so einen wasserdichten Verschluss der Rotatorenmanschette zu erzielen. Hierzu wird ein anterior-superiores Portal sowie zwei bis drei kleine Stichinzisionen benötigt (vgl. Abb. 2.28), um das Setzinstrumentarium einzubringen.

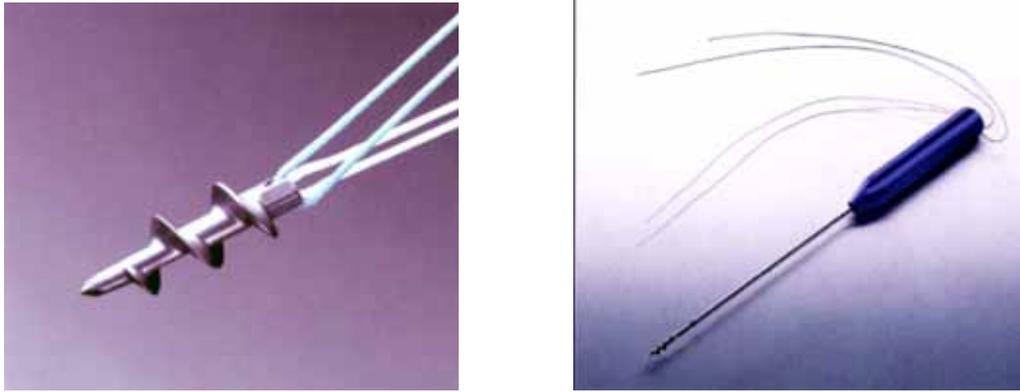


Abbildung 2.34: Cork Screw mit zwei Fiberwire Fäden und Cork Screw Setzinstrumentarium zur Veranschaulichung des operativen Procedere

Um eine ausreichende Druckverteilung zu gewährleisten, werden je nach Rupturgröße ein bis mehrere Corkscrews eingebracht. Der vollständige Verschluss der Rotatorenmanschette wird nicht nur artikulareseitig sondern auch bursalseitig, also subacromial überprüft und mittels Fotodokumentation festgehalten. Bei einer Vielzahl der Patienten wird ergänzend zur Rekonstruktion der Rotatorenmanschette eine Acromioplastik nach *Ellman* durchgeführt. Hierzu wird mit einer kleinen konischen Fräse die Vorder- und Unterfläche des Acromions auf einer Tiefe von 8 mm abgefräst, so dass eine ausreichende subacromiale Dekompression erreicht wird. Nach ausgiebiger Spülung des Subacromialraumes werden die Instrumente entfernt und die Stichinzisionen mit Einzelknopfnähten verschlossen. Das postoperative Management umfasst eine Ruhigstellung im Gilchristverband für 24 Stunden und eine krankengymnastische Übungstherapie, zunächst passiv assistiert und im weiteren Verlauf zunehmend auch aktiv.

2.3 Auswertung

2.3.1 Datenerhebung

Die intraoperativ erhobenen Befunde wurden durch den Operateur in einer File-Maker-Datebank dokumentiert und im Operationsbericht festgehalten. Einen Überblick der pro Patient erhobenen Daten gibt die Abbildung 2.38

Abbildung 2.35: File-Maker Datenbank zur Beschreibung und Erfassung der intraoperativ erhobenen Befunde

2.3.2 Datenanalyse

Die erhobenen Daten wurden mittels SPSS Version 11.0 for Windows® (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) analysiert. Die univariate Analyse der Assoziation zwischen den erhobenen Befunden sowie der Klassifikationen nach *Snyder*, *Ellman* und *Habermeyer* erfolgte durch Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten nach *Spearman*.

3 Ergebnisse

In die Studie konnten 64 Patienten (33 Frauen, 31 Männer) mit einem durchschnittlichen Lebensalter von 54 Jahren eingeschlossen werden. Sportarten mit Überkopfbewegungen des Arms wurden von 25 % der Patienten ausgeübt.

3.1 Klassifikation artikularseitiger Befunde

3.1.1 Partielle Rupturen der Supraspinatus- und Subscapularissehne

Von den 64 untersuchten Patienten wurde bei allen eine Ruptur der artikularseitigen Rotatorenmanschette diagnostiziert. Die Rupturen lokalisieren sich im Einzelnen wie in Abbildung 3.1 dargestellt: Häufigste Lokalisation ist mit 2/3 der Fälle die isolierte Ruptur der Sehne des M. Supraspinatus (SSP). Isolierte Rupturen der Sehne des M. Subscapularis (SCP) sind dagegen weit seltener. Kombinierte Rupturen der Sehnen der Mm. Supraspinatus und Subscapularis finden sich bei etwa einem Viertel der untersuchten Patienten.

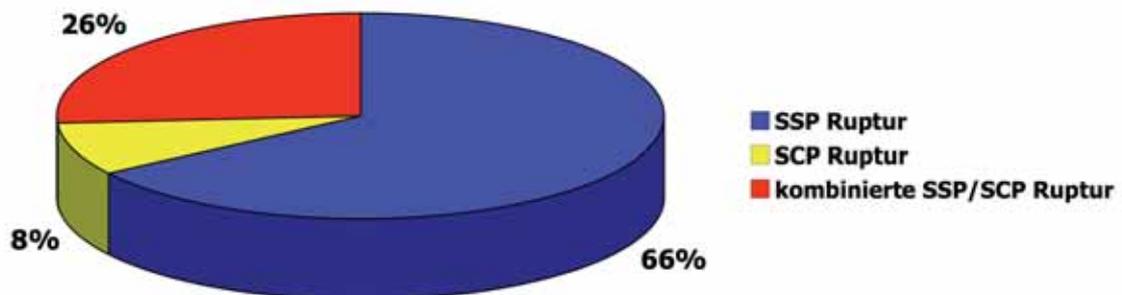


Abbildung 3.1: Lokalisation der intraartikulären Rupturen der Sehne des M. Supraspinatus (SSP), des M. Subscapularis (SCP) oder der kombinierten Ruptur beider Sehnen

3.1.2 Partielle Rupturen der Subscapularissehne

Betrachtet man die Rupturen der Sehne des M. Subscapularis genauer, lassen sich nach *Romeo und Fox* folgende Grade unterscheiden: Mehr als die Hälfte der Patienten hat eine erstgradige Ruptur. In 22 % liegt der Riss im kranialen Drittel der Sehne und entspricht damit einer drittgradigen Ruptur dieser Sehne (Abb. 3.2).

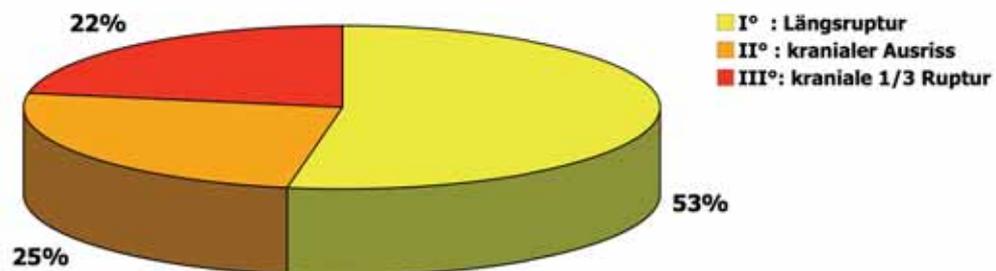


Abbildung 3.2: Lokalisation der Ruptur der Sehne des M. Subscapularis nach *Romeo und Fox*

3.1.3 Partielle Rupturen der Supraspinatussehne

Bei 56 Patienten (87 %) wurde eine Partialruptur der Supraspinatussehne beobachtet. Nach der Klassifikation von *Snyder* ergibt sich die folgende Einteilung: In je einem Drittel der Patienten fanden sich die Grade A1, A2 und A3 (Abb. 3.3).

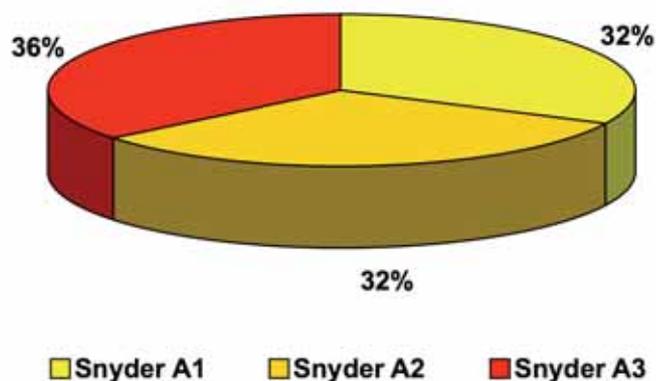


Abbildung 3.3: Einteilung der partiellen Ruptur in der Klassifikation nach *Snyder*

In der transversalen Einteilung nach *Habermeyer* stellen sich dieselben Partialrupturen der Supraspinatussehne in der Zone A mit 28 %, in der Zone B mit 23 % und in der Zone A & B mit 49 % dar (Abb.3.4.).

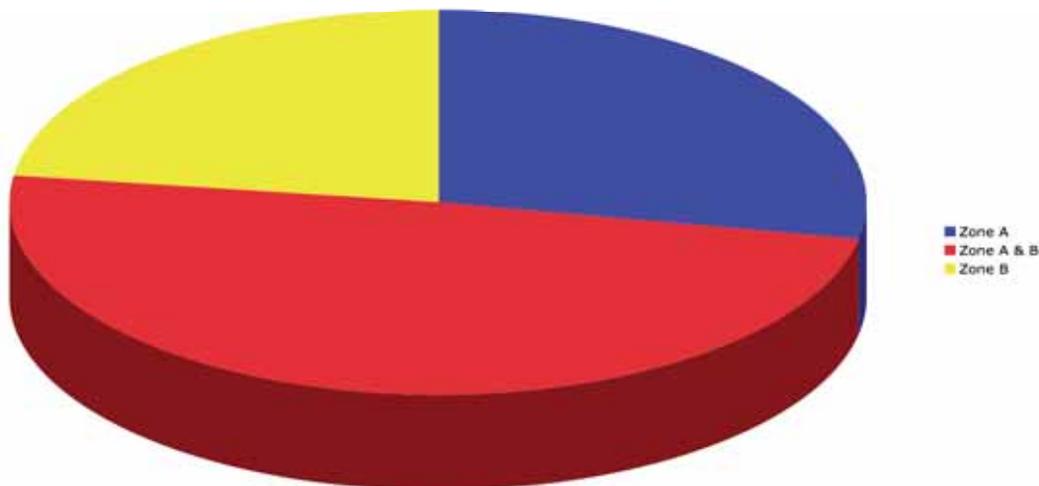


Abbildung 3.4: Einteilung der partiellen Supraspinatussehnenrupturen nach *Habermeyer* (Erläuterung der Zonen im Abschnitt Methodik)

Bezogen auf die so genannte Transition Zone (Longitudinale Einteilung nach *Habermeyer*) treten die Hälfte aller Rupturen im Übergangsbereich zwischen Knorpel und Knochengrenze, 36 % in der Mitte des Sulcus intertubercularis und lediglich 14 % im Bereich des Tuberculum majus auf (Abb. 3.5):

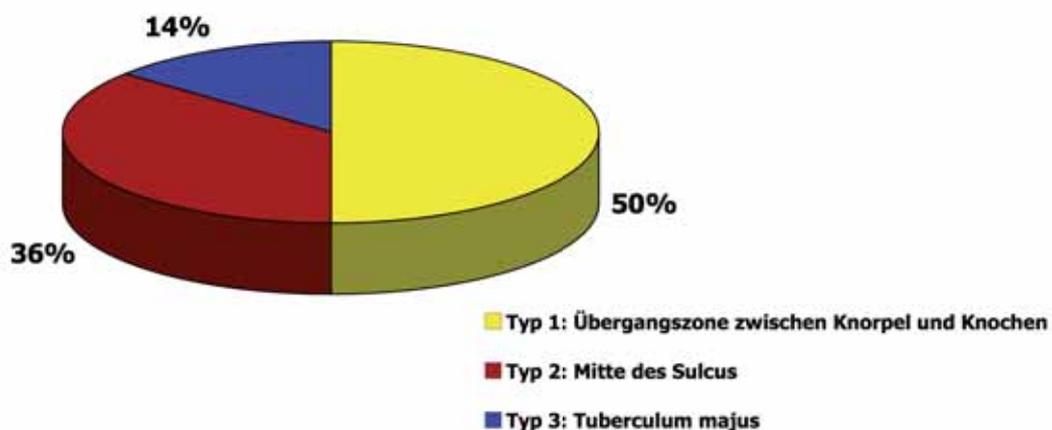


Abbildung 3.5: Lokalisation der Partialruptur der Sehne des M.supraspinatus bezogen auf die Transition Zone (vgl. hierzu auch Abb.2.13)

3.1.4 Häufigkeiten weiterer intraartikulärer Befunde

Zusätzlich zu den Rupturen der eigentlichen Rotatorenmanschette wurden weitere intraartikuläre pathologische Befunde protokolliert und ausgewertet. Dabei findet sich in 62 %, also derselben Häufigkeit einer Supraspinatussehnenruptur, eine pathologisch veränderte lange Bizepssehne. In 52 % der Fälle lässt sich eine Labrumopathie, in 50 % eine SLAP Läsion (SLAP: superior labrum anterior to posterior) im Ursprungsbereich der langen Bizepssehne und in 44 % der Fälle eine Pathologie des Ligamentum glenohumerale superius feststellen. Eine isolierte Subscapularissehnenruptur tritt in 7,8 %, eine kombinierte Supraspinatussehnen- und Subscapularissehnenpartialruptur dagegen in 33 % der untersuchten Patienten auf (Abb. 3.6).

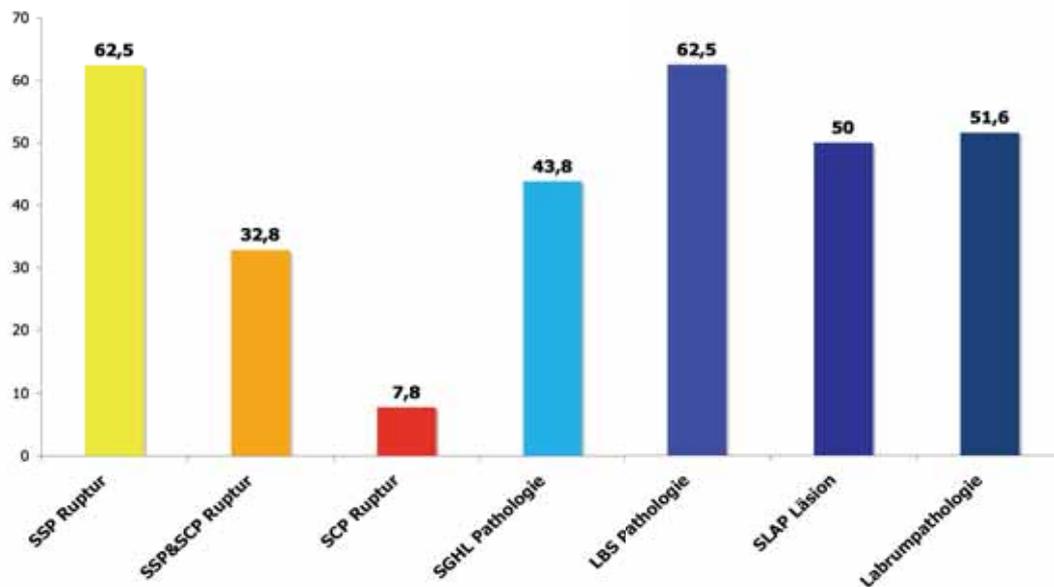


Abbildung 3.6: Verteilung der intraartikulären pathologischen Befunde

Die pathologischen Veränderungen der langen Bizepssehne, die von einer Synovitis über eine Partialruptur, Luxation, Subluxation oder vollständigen Ruptur gehen, werden in Abb.3.7 graphisch dargestellt. In 54 % findet sich eine Synovitis, in 26 % eine Partialruptur und in 23 % eine Subluxation. In fast 2 % ist die lange Bizepssehne disloziert oder vollständig rupturiert.

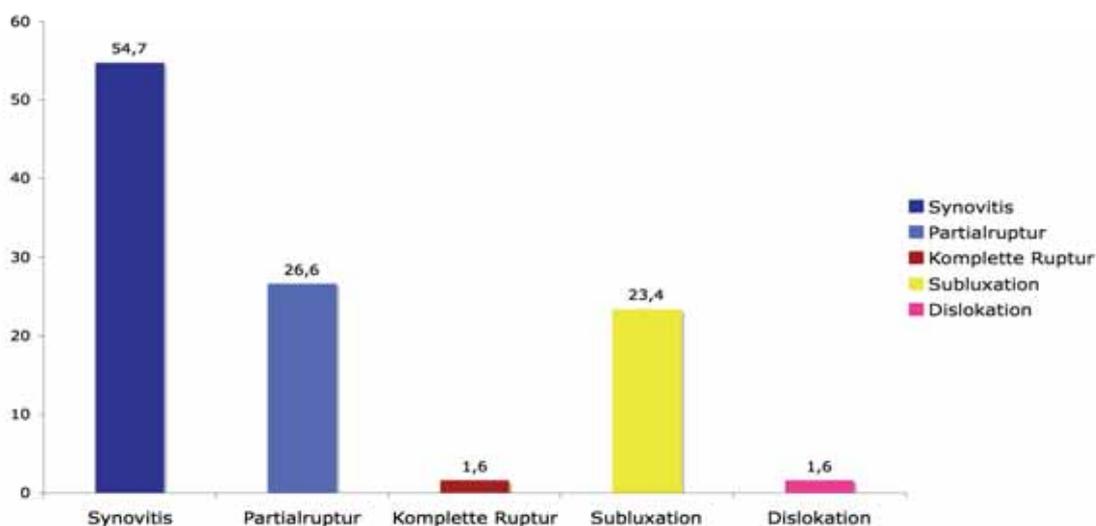


Abbildung 3.7: Pathologische Veränderungen der langen Bizepssehne

Ein sogenanntes „Cable Sign“ [35, 36] wird in 54 % der arthroskopisch erhobenen Befunde dokumentiert. Burkhart konnte anhand von anatomischen und arthroskopischen Untersuchungen ein sog. „rotator cable“ finden, welches er mit dem Kabel einer Hängebrückenkonfiguration vergleicht. Über dieses Kabel wird bei stabiler Fixation der Kabelenden am Knochen (Tuberculum majus) eine ausreichende Kraftübertragung des coronaren Kräftepaars (M.supraspinatus und M.infraspinatus) ermöglicht. „The rotator crescent is a term that we have used to describe the thin, crescent-shaped sheet of rotator cuff comprising the distal portions of the supraspinatus and infraspinatus insertions. The crescent was found to be bounded on its proximal margin by a thick bundle of fibers that we have called the rotator cable „, zitiert nach Burkhart, 1993 [35].

Zur Veranschaulichung dient Abbildung 3.8.

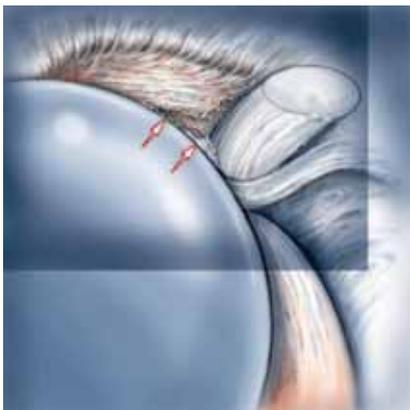


Abbildung 3.8: Skizziertes Cable Sign (rote Pfeile), intratendinöse Verdickung der Supraspinatussehne („suspension bridge“ nach Burkhart) und korrespondierender arthroskopischer Befund

In Abb. 3.9 sind die beobachteten Veränderungen des Lig. glenohumeralis sup. zusammengestellt. In nahezu der Hälfte der untersuchten Patienten liegt eine komplette Ruptur des Ligaments vor. In 43 % der Fälle findet sich lediglich eine Elongation des Bandes, während Partialrupturen des Bandes mit 11 % eher selten zu beobachten sind.

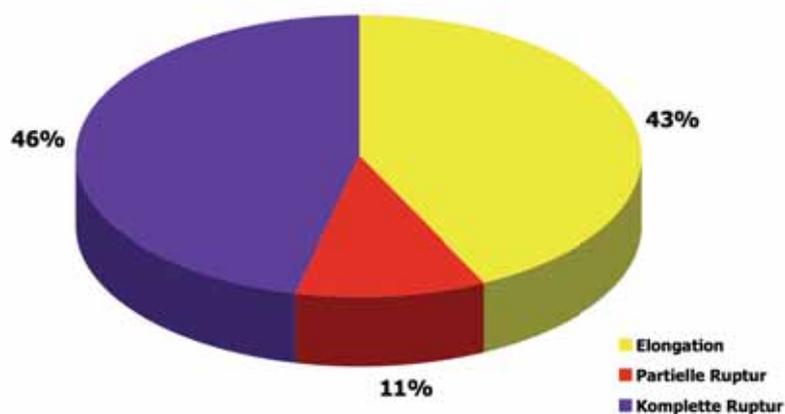


Abbildung 3.9: Häufigkeiten arthroskopisch erhobener pathologischer Befunde des Lig. glenohumeralis superius.

Insgesamt fand sich im untersuchten Patientengut eine Labrumopathie von 51,6 %, die mit einer anterior-superioren Auffaserung in 63 % und einer postero-superioren Auffaserung in 37 % einherging (Abb. 3.10):

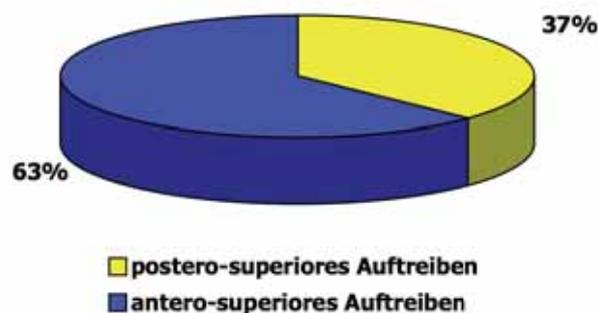


Abbildung 3.10: Graphische Darstellung der Labrumopathie

Die in 50 % der Fälle aufgetretene SLAP Läsion [37] verteilt sich zu 60 % auf eine SLAP Läsion Typ I, zu 25 % auf eine SLAP Läsion Typ II, zu 9 % auf eine SLAP Läsion Typ III und zu 6 % auf eine SLAP Läsion Typ IV (Abb. 3.11):

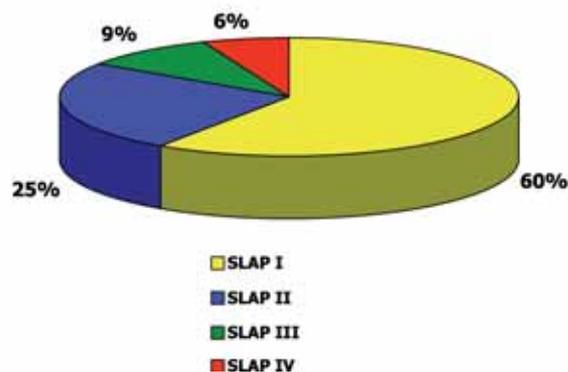


Abbildung 3.11: Verteilung der SLAP Läsionen im untersuchten Patientenkollektiv

Die Klassifikation der SLAP Läsionen (superior labrum anterior to posterior) geht auf eine Beschreibung von *Snyder* aus dem Jahre 1990 zurück. Snyder unterscheidet vier verschiedene Verletzungstypen im Ursprungsbereich der langen Bizepssehne am sog. Bizepsanker. [37-40]

- SLAP Läsion Typ I partieller Einriss des Labrums im Bereich der vorderen und hinteren kranialen Zirkumferenz
- SLAP Läsion Typ II kompletter Abriss des Labrum- Bizepssehnenankers im Bereich der vorderen oberen und hinteren Zirkumferenz
- SLAP Läsion Typ III korbhenkelartiger Abriss des Labrums bei weitgehend intaktem Bizepssehnenanker
- SLAP Läsion Typ IV korbhenkelartiger Abriss des Labrums mit zusätzlichem Einriss im Ansatzbereich der langen Bizepssehne

3.2 Häufigkeiten bursaseitiger Befunde

Nach der eigentlichen Arthroskopie des Schultergelenks wurde bei allen Patienten eine Bursoskopie durchgeführt deren pathologische Befunde ebenfalls dokumentiert und ausgewertet wurden. In 95 % der Fälle findet sich eine Bursitis subacromialis, in 87 % eine ausgeprägte Synovitis und in 85 % ein acromiales Auftreiben der Supraspinatussehne, die in 12 % zu einer bursaseitigen Supraspinatussehnenpartialruptur führte. In 41 % tritt zu den beschriebenen Befunden noch eine Arthrose des Acromioclaviculargelenkes hinzu (Abb. 3.12):

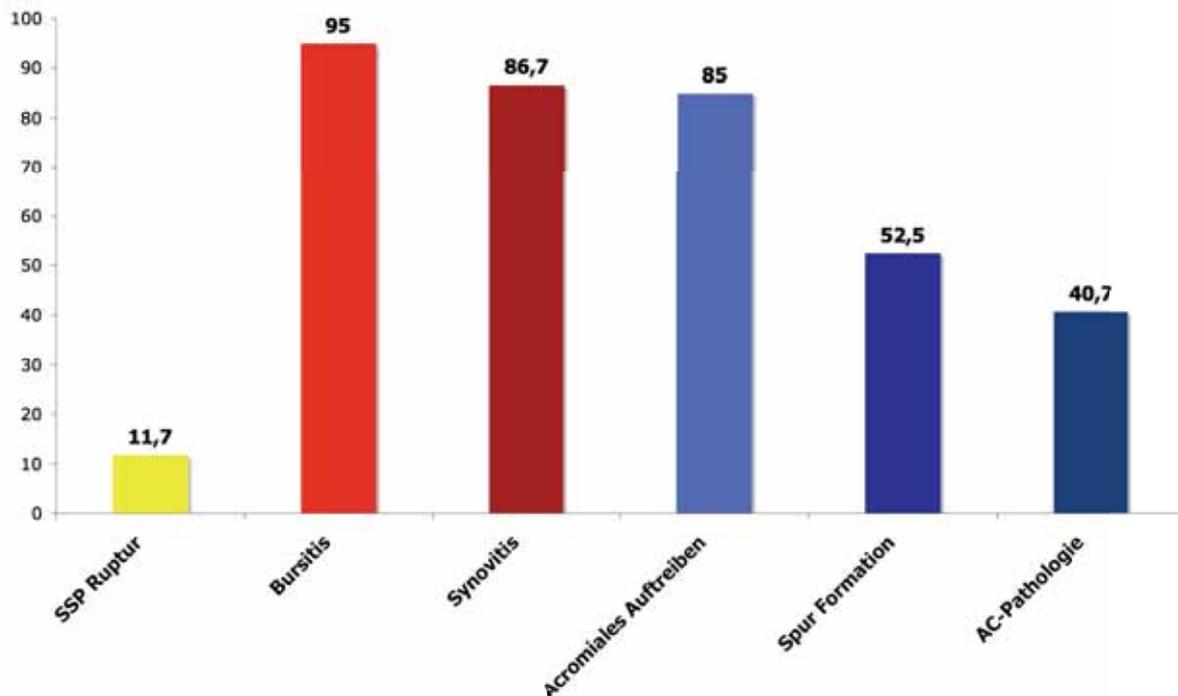


Abbildung 3.12: Häufigkeiten pathologischer Befunde der Bursoskopie

3.3 Gegenüberstellung der Klassifikationen nach *Snyder, Ellman* und *Habermeyer*

In den auf der nächsten Seite folgenden Diagrammen werden die Supraspinatussehnenrupturen der untersuchten Patienten nach *Snyder* und nach *Ellman* klassifiziert und einander gegenüber gestellt (Abb. 3.13, 3.14 und 3.15). Betrachtet wird zunächst die SSP Ruptur im Bereich der Transition Zone, dem sogenannten Knorpel-Knochen-Übergang, entsprechend der Klassifikation nach *Habermeyer* Typ I. Nach *Snyder* werden 19 % der Klassifikation A 0° und A III° sowie 32 % der Klassifikation A I° und A II° zugeordnet. Wird dagegen die Klassifikation nach *Ellman* herangezogen, so finden sich in 50 % der Patienten eine Klassifikation I°, in 18 % eine 0° und III° und in 14 % der Fälle eine Klassifikation II°.

Die Klassifikation der Supraspinatussehnenruptur in der Transition Zone (Klassifikation nach *Habermeyer* Typ II) nach *Snyder* und nach *Ellman* ist in Abbildung 3.14 wiedergegeben: Nach *Snyder* finden sich A 0°, A I° und A II° Rupturen der Supraspinatussehnen in der Transition Zone (Übergang Knorpel-Knochengrenze) in jeweils 17 % der Fälle. Eine Ruptur *Snyder* A III° liegt bei insgesamt 44 % der Patienten vor. Bei der Klassifikation nach *Ellman* dagegen entfällt jeweils ein Drittel der Patienten auf Grad 0 bis 1 sowie Grad 2 und Grad 3.

Im Bereich des Tuberculum majus (Klassifikation nach *Habermeyer* Typ III) finden sich nach *Snyder* und *Ellman* 75 % der Rupturen der Klassifikation A III° bzw. III°, 12,5 % der Klassifikation A I° und A II° bzw. I° und II°, aber keine der Klassifikation A 0° nach *Snyder* bzw. 0° nach *Ellman* (Abb. 3.15).

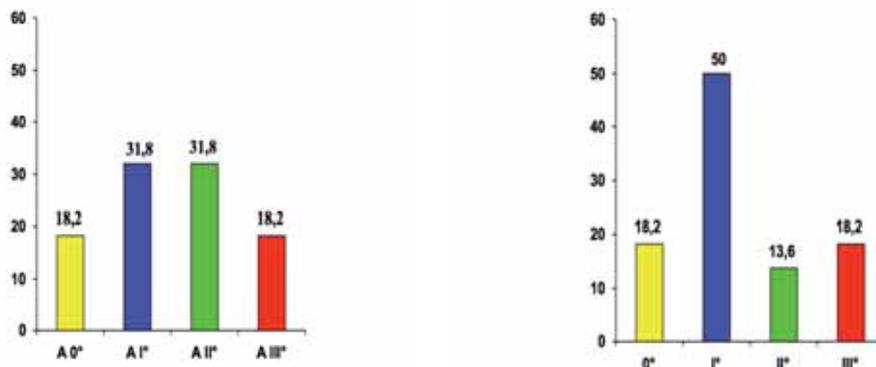


Abbildung 3.13: SSP Ruptur in der Transition Zone (Typ I nach *Habermeyer*) Übergang Knorpel-Knochen in der Klassifikation nach *Snyder* (links) und klassifiziert nach *Ellman* (rechts)

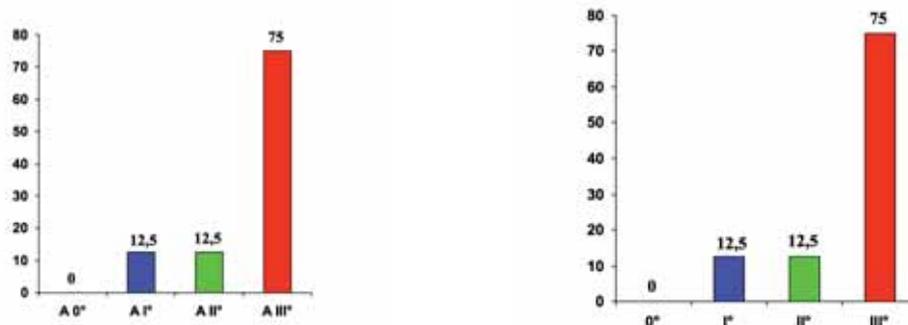


Abbildung 3.14: SSP Ruptur in der Transition Zone (Typ II nach *Habermeyer*) Zentral in der Klassifikation nach *Snyder* (links) und klassifiziert nach *Ellman* (rechts)



Abbildung 3.15: SSP Ruptur am Tuberculum majus (Typ III nach *Habermeyer*) klassifiziert nach *Snyder* (links) und *Ellman* (rechts).

3.4 Korrelationsanalyse wesentlicher Befunde

Auf der nächsten Seite wurden in den Tabellen 3.1 und 3.2 die Korrelationen zwischen den erhobenen Befunden (Tab. 3.1) beziehungsweise den Klassifikationen nach *Snyder*, *Ellman* und *Habermeyer* berechnet. Hierfür wurden die Daten einer Analyse nach *Spearman* unterzogen (SPSS Version 11.0 für Windows[®], SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Die erreichten Signifikanzniveaus sind farbig dargestellt: Signifikanzniveau $p < 0,05$ in **blauer Schrift**, Signifikanzniveau $p < 0,01$ in **roter Schrift**. Die Klassifikation der Supraspinatusrupturen in der Zone A nach *Habermeyer* korreliert positiv mit den Klassifikationen nach *Snyder* ($R=0,358$) und nach *Ellman* ($R = 0,432$). Die Klassifikation nach *Habermeyer* in der Zone B korreliert wiederum deutlich ($R=0,5$) mit der nach *Snyder* aber nur mässig ($R=0,444$) mit der Supraspinatussehnenruptur nach *Ellman*.

Abrisse der Sehne, die vom Tuberculum majus ausgehen, korrelieren nur mässig mit der Einteilung nach *Ellman* ($R=0,308$) und nach *Snyder* ($R=0,372$). Keine Korrelation ($R = -0,498$, $p < 0,001$) ergab sich zwischen Rupturen im Sulcus und an der Transition Zone mit der Klassifikation nach *Ellman* und nach *Snyder*.

Zusammenfassend belegen die Tabelle 3.1 und 3.2, dass die Klassifikationen nach *Ellman* und *Snyder* nicht mit der Klassifikation nach *Habermeyer* korrelieren.

Tabelle 3.1: Korrelation der verschiedenen arthroskopischen Befunde. Korrelationskoeffizient nach Spearman (R), statistische Signifikanz (p) und Anzahl der untersuchten Patienten (N).

	SCP #	SSP #	LBS	SLAP & SSP #	LGHM	HLX	LBS Path.	SLAP	Labrum Path.	Acromion Path.	ACG
SCP #	R	-0,239	0,033	-0,058	-0,196	-0,059	0,198	-0,011	-0,055	0,000	0,128
	P	0,057	0,794	0,649	0,121	0,672	0,118	0,934	0,665	1,000	0,335
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
SSP #	R	-0,239	-0,189	0,323	0,119	0,104	0,098	0,080	0,295	-0,153	-0,197
	P	0,057	0,135	0,009	0,349	0,458	0,443	0,529	0,018	0,244	0,135
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
LBS	R	0,033	1	-0,854	0,315	-0,200	-0,194	-0,742	-0,281	-0,019	0,001
	P	0,794	0,135	0,000	0,011	0,152	0,125	0,000	0,024	0,887	0,993
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
SLAP & SSP #	R	-0,058	-0,854	1	-0,201	0,121	0,074	0,520	0,0321	-0,038	0,025
	P	0,649	0,000	0,009	0,112	0,388	0,564	0,000	0,010	0,773	0,850
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
LGHM	R	-0,196	0,315	-0,201	1	-0,446	-0,220	-0,424	-0,122	0,171	-0,128
	P	0,121	0,011	0,112	0,112	0,001	0,080	0,000	0,336	0,191	0,334
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
HLX	R	-0,059	-0,200	0,121	-0,446	1	0,083	0,301	0,058	-0,121	0,040
	P	0,672	0,458	0,388	0,001	0,552	0,552	0,028	0,677	0,396	0,781
	N	64	64	53	53	53	53	53	53	51	51
LBS Path.	R	0,198	-0,194	-0,220	-0,220	0,083	1	0,109	0,153	-0,126	-0,068
	P	0,118	0,125	0,080	0,080	0,552	0,564	0,389	0,226	0,338	0,610
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
SLAP	R	-0,011	-0,742	0,520	-0,424	0,301	0,109	1	0,295	-0,018	0,070
	P	0,934	0,000	0,000	0,000	0,028	0,389	0,389	0,018	0,891	0,598
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
Labrum Path.	R	-0,055	-0,281	-0,122	-0,122	0,058	0,153	0,295	1	-0,047	0,055
	P	0,665	0,024	0,336	0,336	0,677	0,226	0,018	0,723	0,723	0,679
	N	64	64	64	64	53	64	64	64	60	59
Acromion Path.	R	0,000	-0,19	0,171	0,171	-0,121	0,126	-0,018	-0,47	1	-0,159
	P	1,000	0,887	0,773	0,191	0,396	0,338	0,891	0,723	0,723	0,228
	N	60	60	60	60	51	60	60	60	60	59
ACG	R	0,128	0,001	-0,128	-0,128	0,040	-0,068	0,070	0,055	-0,159	1
	P	0,335	0,993	0,334	0,334	0,781	0,610	0,598	0,679	0,228	0,228
	N	59	59	59	59	51	59	59	59	59	59

Erklärung der Abkürzungen nachfolgend.

Tabelle 3.2: Korrelation der nach Snyder, Ellman und Habermeyer klassifizierten arthroskopischen Befunde. Korrelationskoeffizient nach Spearman (R), statistische Signifikanz (p) und Anzahl der untersuchten Patienten (N).

	SCP Position 4a	SSP Position 4b	SSP# Klassifikation Snyder	SSP# Klassifikation Ellman	Transition Zone Knorpel- Knochen	Sulcus	Tuberculum majus
SCP Position 4a	R	1					
	P	0,13 0,918 64	0,358 0,004 64	0,432 0,000 64	0,024 0,853 60	0,000 1,000 60	0,069 0,599 60
	N	64	64	64	60	60	60
SSP Position 4b	R	1					
	P	-0,13 0,918 64	0,500 0,000 64	0,444 0,000 64	-0,122 0,352 60	0,000 1,000 60	0,069 0,599 60
	N	64	64	64	60	60	60
SSP# Klassifikation Snyder	R	1					
	P	0,500 0,000 64	1 0,000 64	0,920 0,000 64	-0,240 0,065 60	0,150 0,254 60	0,308 0,017 60
	N	64	64	64	60	60	60
SSP# Klassifikation Ellman	R	1					
	P	0,444 0,000 64	0,920 0,000 64	1 0,000 64	-0,252 0,052 60	0,129 0,325 60	0,372 0,003 60
	N	64	64	64	60	60	60
Transition Zone Knorpel- Knochen	R	1					
	P	0,024 0,853 60	-0,240 0,065 60	-0,252 0,052 60	1 0,000 60	-0,498 0,000 60	-0,298 0,021 60
	N	60	60	60	60	60	60
Sulcus	R	1					
	P	0,000 1,0 60	0,150 0,254 60	0,129 0,325 60	1 -0,498 60	1 53	-0,257 0,048 60
	N	60	60	60	60	60	60
Tuberculum majus	R	1					
	P	0,069 0,599 60	0,308 0,017 60	0,372 0,003 60	-0,298 0,021 60	-0,257 0,048 60	1 1 60
	N	60	60	60	60	60	60

Erklärung der Abkürzungen nachfolgend.

Legende zu den Tabellen 3.1 und 3.2:

SCP # : Subscapularissehnenruptur

SSP #: Supraspinatussehnenruptur

LBS : lange Bizepssehne

SLAP & SSP # : SLAP Läsion und Suprapinatussehnenruptur

LGHM : Ligamentum glenohumerale mediale

HXL : Hyperlaxität

LBS Path. : Pathologie der langen Bizepssehne

SLAP : SLAP Läsion

Labrum Path. : Labrum Pathologie

Acromion Path. : Acromion Pathologie

ACG : Acromio-Clavicular Gelenk

4 Diskussion

Mit dem zunehmenden Anspruch unserer Gesellschaft auch im höheren Alter sportlich aktiv zu bleiben, kommt den Läsionen der Rotatorenmanschette und ihren Begleitverletzungen eine wachsende Bedeutung zu. Aus diesem Grunde ist es notwendig eine histopathologisch wie funktionell sinnvolle und einheitliche Klassifikation der arthroskopischen Befunde zu verwenden, um daraus Standards zur konservativen und operativen Therapie ableiten zu können.

Wayne Z. Burkhead, Jr., einer der bedeutendsten Schulterchirurgen unserer Zeit, fasste im Vorwort zu Kapitel 7 seines Buches „Rotator Cuff Disorders [41]“ sehr prägnant die aktuelle Problematik bei der Klassifikation der Rotatorenmanschettenrupturen zusammen: „For many years the goal has been to compare apples to apples and oranges to oranges. The next generation of shoulder surgeons will need to compare Granny Smith’s apples to Granny Smith’s apples and mandarin oranges to mandarin oranges.“ Welchen Anforderungen muss also eine den modernen diagnostischen und therapeutischen Optionen entsprechende Klassifikation genügen?

4.1 Anforderungen an eine für die Arthroskopie der Schulter geeignete Klassifikation

Ein typischer arthroskopischer Untersuchungsgang beurteilt neben dem eigentlichen Schultergelenk auch das Subakromialgelenk. Die Vielzahl der dabei erhobenen Befunde gilt es anhand von anatomischen und funktionellen Kriterien sinnvoll zu klassifizieren. Dabei sollte die Klassifikation unabhängig vom Untersucher eine standardisierte Beschreibung der beobachteten pathologischen Befunde ermöglichen. Auf der Basis dieser Standards sollte es ferner möglich sein, Schlüsse auf die am Besten geeignete Therapie sowie – bei Vorliegen entsprechender Studien – die Prognose der Erkrankung zu ermöglichen. Selbstverständlich umfasst eine solche Klassifikation neben der Identifizierung der betroffenen Sehnen der Rotatorenmanschette auch die Beschreibung der Rupturgrösse, -breite und – Lokalisation der Ruptur in Relation zu anatomischen Landmarken (beispielsweise

beim Retraktionsgrad nach *Patte*). Wünschenswert wäre ferner die Berücksichtigung funktioneller Faktoren sowie des „Alters“ der Ruptur.

Klinische Studien könnten dann anhand einer solchen Klassifikation auch valide Vergleiche verschiedener Therapieverfahren sowie Aussagen zur Prognose ermöglichen.

4.2 Vergleich der bestehenden mit der Klassifikation nach *Habermeyer*

Im folgenden Abschnitt werden die bestehenden Klassifikationen, die bereits ausführlich im Abschnitt Material und Methode dargestellt wurden, bezüglich der vorgenannten Anforderungen diskutiert und mit der neuen Klassifikation nach *Habermeyer* verglichen.

In den Anfängen der Schulterchirurgie war es wichtig die aufgetretenen Rupturformen und -größen zu klassifizieren und entsprechend den operativen Befunden eine Therapie festzulegen. Verletzungen der Rotatorenmanschette konnten in dieser Zeit nur offen operiert werden, daher lagen in aller Regel recht ausgedehnte Befunde im Fokus des Interesses. Folgerichtig beschreibt die 1920 von *Bateman* vorgestellte Einteilung ausschliesslich komplette Rupturen der Rotatorenmanschette.

Codman [42] wies bereits 1932 auf die Bedeutung von Faktoren hin, die eine Ruptur der Sehne begünstigen. Seither zieht sich dieses Thema wie ein roter Faden durch zahlreiche klinische und anatomische Studien [4, 8, 42-50]. *Codman* war sich sicher, dass ein traumatisches Ereignis zwar auch eine gesunde Sehne zerreißen kann, dass der überwiegende Teil der Partialrupturen jedoch durch Verschleiss (Alter, Toxine oder repetitive Bewegungen) verursacht würde:

„I have no doubt that trauma may rupture a healthy tendon, but I think rupture from trauma occurs in the great majority of cases in aged tendons made weak by overuse, age or toxic conditions.“

Codman erkannte bereits 1934 die Bedeutung der später „Transition Zone“ getauften Sehneninsertion in dem er beobachtete, dass die Partialrupturen an der Unterfläche

der Supraspinatussehne in unmittelbarer Nähe zum Knorpel im Bereich des Tuberculum majus beginnen. *“Normally the true joint cartilage forms a very sharp angle with the insertions of the tendons ... the rent also extends along the curve of the edge of the joint cartilage to a considerable extent, leaving the sulcus bear, perhaps for a inch or more. This condition I like to call a ‚rim rent‘, and I am confident that these rim rents account for the great majority of sore shoulders”*[51].

Löhr et al. [45] fokussierten in den 90er Jahren auf die so genannte „critical vascular zone“, die für die Blutversorgung der Supraspinatussehne im Bereich ihres Sehnenansatzes am Humeruskopf wichtig ist. Mit Hilfe von Silikonpartikeln, die selektiv in das Gefäßsystem von 18 Leichen injiziert wurden und die als Erythrozytenmarker dienten, konnte man im weiteren Verlauf durch die histologische Untersuchung der Supraspinatussehne zeigen, dass die Sehne im artikularseitigen Bereich nur sehr spärlich vaskularisiert ist. Die Hauptversorgung durch die A. suprascapularis erfolgt von bursaseitigen Gefässen. So zeigt in einer vorausgegangenen Studie *Uthoff* et al. [8, 22], dass die schlechte und wohl zum Teil auch unzureichende Vaskularisierung in diesem Bereich dazu führt, dass die meisten intrinsischen degenerativen Partialrupturen artikularseitig und in der Nähe des Insertionsstelle am Humeruskopf auftreten. Hinzu kommt, dass die artikularseitigen Kollagenfasern der Rotatorenmanschette dünner sind und ungeordneter liegen als auf der bursaseitigen Oberfläche, wo sie sich dicker und parallel angeordnet finden [52, 53]. Die extrinsischen Partialrupturen treten demzufolge bursaseitig auf und werden meist auf ein Acromionsporn (Acromion Typ II oder III nach *Bigliani*) [46] oder ein verdicktes coracoacromiales Ligament zurückgeführt.

Einen weiteren ätiologischen Ansatz machte *Neer* 1990 [54] als er in atraumatische also degenerative, und in traumatische Rupturen unterschied. Seiner Auffassung nach traten bis zu 95 % der Rupturen als so genanntes „*Impingement tear*“ auf, dabei kommt es in Folge eines subacromialen mechanischen Outletimpingements zu Partialrupturen der Supraspinatussehne. Je nach Dauer der einwirkenden Scherkräfte konnten sich diese in eine Subscapularis- und Infraspinatussehnenruptur fortsetzen.

Patte fasst in seiner sehr elaborierten Klassifikation 1990 pathologische und anatomische Erkenntnisse zusammen: Zunächst gliedert er anhand der Ausdehnung in der Sagittalebene in Partialruptur (Gruppe I), Ruptur über die gesamte Dicke der

Supraspinatussehne (Gruppe II), Ruptur über die gesamte Dicke der Supraspinatussehne und einer weiteren Sehne und die Massenruptur mit begleitender Osteoarthrose. Die weitere Untergliederung wird nun anhand der Topographie der Ruptur vorgenommen (vgl. Kapitel 2.1.2). Ziel dieser Klassifikation war es, anhand der Rupturgrösse und -form eine prognostische Aussage über das Outcome der konservativ oder operativ therapierten Patienten zu treffen. Trotz der differenzierten Klassifikation in Hauptgruppen, Nebengruppen und weitere zusätzliche Untergruppen gelang es *Patte* nicht die Faktoren mit dem Outcome so zu korrelieren, dass, wie beispielsweise bei *Neer* [54], eine definitive Aussage bezüglich der Prognose getroffen werden konnte.

Die Klassifikation nach *Romeo* und *Fox* dient der Einteilung der Subscapularissehnen(partial)ruptur und stützt sich auf die relative Rupturgrösse in Bezug auf die gesamte intraartikuläre Sehnenlänge.

Die Sektoreneinteilung nach *Habermeyer* hingegen unterteilt die verschiedenen Muskelsehnenanteile nach ihrer anatomischen Lokalisation in Verlängerung der Spina scapula und das Lig. coracohumerale. Sie erhebt nicht den Anspruch die Pathophysiologie der Rotatorenmanschetten(partial)rupturen zu berücksichtigen. Im Gegensatz dazu fliessen in die neue Klassifikation nach *Habermeyer* sowohl pathophysiologische (Gefässversorgung der Insertionszone, Rupturmechanismus) sowie funktionelle Aspekte ein.

Mit der Weiterentwicklung der Diagnostik der RM-Läsionen (insbesondere der Sonographie, Computertomographie und Magnetresonanztomographie) können Veränderungen der Sehnen bereits sehr frühzeitig entdeckt werden, die in den bisherigen Klassifikationen nicht abgebildet waren. Die Klassifikation nach *Goutaillier* und nach *Thomazeau* beziehen sich auf computertomographisch oder kernspintomographisch erhobene Daten und erlauben daher eine sehr differenzierte Einteilung dieser Befunde. Da sie jedoch ausschliesslich auf den bildgebenden Verfahren basieren, sind sie für die Beurteilung arthroskopischen Befunde nicht geeignet, ermöglichen aber eine Entscheidung über ein konservatives oder operatives Vorgehen. Zeigt sich in der bildgebenden Diagnostik eine Partialruptur mit geringer Retraktion und noch nicht eingetretener Verfettung sollte eine arthroskopische Naht der Rotatorenmanschettenpartialruptur vorgenommen werden. Ist die muskuläre Atrophie bereits in einem Stadium III nach *Thomazeau* und die

muskuläre Verfettung im Stadium III nach *Goutaillier*, so ist auch mit einer operativen Rekonstruktion der Rotatorenmanschette keine Funktion mehr zu erzielen. Alternative operative Rekonstruktionen wie z.B. der M. latissimus dorsi Transfer oder M. pectoralis major Transfer müssen dem Patienten vorgeschlagen werden um eine funktionelle Rekonstruktion zu ermöglichen.

Die beiden einzigen klinisch relevanten und etablierten Klassifikationen, die eine arthroskopische Beurteilung zulassen, sind die Klassifikationen nach *Snyder* und nach *Ellman*. Wenngleich sie bis heute als „Gold Standard“ der arthroskopischen Einteilungen der RM Partialruptur gelten, wird im Folgenden das Für und Wider dieser Klassifikationen diskutiert und erläutert, welche Vor- und auch Nachteile die von *Habermeyer* et al. entwickelte Klassifikation bietet.

Snyder definiert 1994 in seiner Klassifikation die Untergruppen durch absolute Rupturgrößen (bis 1 cm, 1 cm bis 3 cm, größer 3 cm) ermöglicht aber keinerlei Aussage über die Lage der Ruptur. Die Klassifikation nach *Snyder* war ursprünglich ausschliesslich für arthroskopisch zu erhebende Befunde angelegt und beschrieb damit nur unzureichend die intratendinösen Rupturen. Die weitere Problematik, die mit der Klassifikation nach *Snyder* einhergeht, liegt in der Bestimmung der Rupturgrösse. Verschiedene Autoren beschreiben unterschiedliche Vorgehensweisen – so zum Beispiel ein Zentimetermass oder eine zusätzlich über ein Portal eingeführte Spinalnadel, die eine metrische Skalierung aufweist - um die Breite und Tiefe der Ruptur zu bestimmen.

Schreitet die Partialruptur weiter fort, so kann der freiliegende Knochen im Bereich des Tuberculum majus einen Anhalt für die Rupturausdehnung geben. Anhand von Untersuchungen an Leichen konnten *Ruotolo* et al. zehn Jahre später zeigen, dass die mittlere Dicke der SSP Sehne anterior bei 11,6 mm, in der Mitte bei 12,1 mm und posterior bei 12,0 mm liegt. Davon ausgehend schlug er vor, die verschiedenen Rupturbreiten anhand von arthroskopisch eingebrachten Instrumenten, z.B. Shaver oder einer kalibrierten Spinalnadel zu messen. Die vollständige Rupturgrösse kann nach diesen Untersuchungen ebenso ermittelt werden, wenn eine antero-posteriore SSP Breite von 25 mm zugrunde gelegt wird [55]. Nachteilig bei dieser Grössenbestimmung ist die Tatsache, dass die individuell gemessenen Rupturgrößen mit gemittelten Rupturgrößen verglichen werden und eine absolute Grösse ohne

Bezug zur Lokalisation bestimmt wird. Eine individuelle Betrachtungsweise oder gar eine valide Aussage bezüglich dem operativen Vorgehen ist somit nur begrenzt möglich.

Fukuda et al. [56] Fukuda, Craig und Yamanaka [57], Olsewski und Deypew [58], Wright und Cofield [59] gruppierten diese Art der Partialrupturen in das modifizierte Stadium II nach *Neer*.

Die Klassifikation nach *Ellman* definiert eine Ruptur, nachdem sie als artikularseitig oder bursaseitig eingestuft wurde, durch die Rupturausdehnung in Bezug zum gesamten Sehnendurchmesser. *Ellmann* beschreibt 1993 sowohl die eher seltenen kompletten vertikalen Rupturformen als auch die häufigeren transversalen Rupturen der Supraspinatus- und Infraspinatussehne. Diese Einteilung ermöglicht eine genauere Unterscheidung der Rupturform, bezieht sich jedoch nicht auf die weitere Therapie oder gar die Ätiologie der Ruptur. Sie ist rein deskriptiv und beschreibt somit nur einen Ist-Zustand ohne weitere therapeutische Optionen.

Im Jahre 1995 veröffentlichten *Gartsmann* und *Milne* [60] eine klinische Studie, in der sie ausdrücklich darauf hinweisen, dass die Betrachtung der Ätiologie der Partialrupturen zwingend notwendig sei, um eine adäquate Therapie, sei es konservativ oder operativ, auswählen zu können. Das Patientenkollektiv wurde je nach vermuteter Ätiologie der Rotatorenmanschettenruptur in 3 Gruppen untergliedert. Die Patienten (n=85) bei denen von einem Impingement ausgegangen wurde, wurden arthroskopiert und subacromial debridiert. Diejenigen, bei denen eine Instabilität vorlag (n=10), erhielten eine vorderer Rekonstruktion (=Labrum Band Repair) und diejenigen, bei denen eine traumatische RM Ruptur vorlag (n=12), wurden offen rekonstruiert. In 88 % dieses Kollektivs konnten *Gartsmann* und *Milne* zufriedenstellende funktionelle Ergebnisse vorweisen, so dass die Ätiologie der Ruptur ihres Erachtens eine entscheidende Rolle bei der Wahl der operativen Therapie spielt.

Sowohl die auslösenden als auch die Partialruptur vorantreibenden Faktoren sind bislang nicht ausreichend erforscht. Es gibt Hinweise darauf, dass die Sehnenqualität geschwächt wird und nachlässt [61]; in vivo fortschreitet [62] und im Laufe der Zeit symptomatisch wird [63]. Diskutiert werden einerseits intrinsische Faktoren wie

Durchblutungsstörungen und Veränderungen in der Sehnenmatrix [8, 22],[52, 53] und andererseits extrinsische Faktoren wie z.B. mechanische Beanspruchung bei der Elevation durch einen Acromionsporn oder ein verdicktes coracoacromiales Ligament [46].

In der Tat ermöglicht das zunehmende Verständnis der anatomischen und histopathologischen Prozesse heute eine differenziertere Klassifikation als das z.B. *Patte*, *Neer* oder *Codmann* je erwartet hätten.

1998 konnten *Sano et al.* zeigen, dass der Sulcus intertubercularis ein Zeichen für die Unversehrtheit und Kraft der Supraspinatussehne ist und positiv mit den degenerativen Veränderungen korreliert („The width of sulcus correlated positively with the score of regressive changes.“ Und „Sulcus is an indicator of the integrity and tensile strength of the supraspinatus tendon.“) [64]

Zur Erläuterung dient die folgende Abbildung:

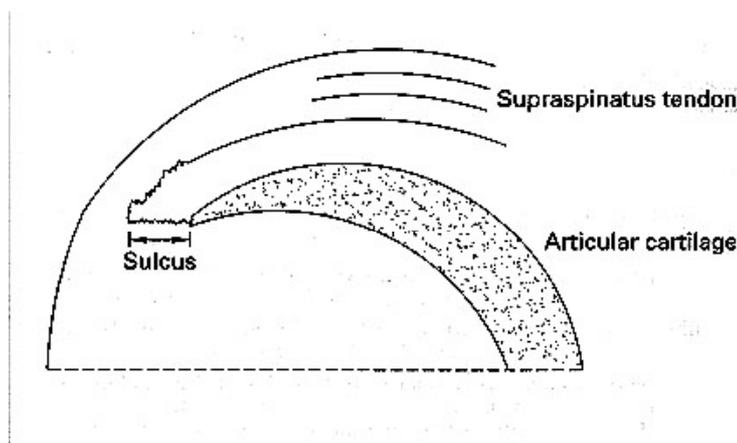


Abbildung 4.1: Skizze reproduziert aus [64]

Die bisher als „Gold Standard“ etablierten Klassifikationen der Rotatorenmanschettenpartialrupturen mit einer Einteilung in Größe und Breite ist arthroskopisch schwer zu messen und äusserst unpräzise. Mehrere Autoren haben, je nach Rupturgröße und -dicke, verschiedene konservative und operativer Therapieansätze empfohlen. Trotz dieser Richtlinien und einer großen anatomischen Studie über die Insertionsstelle der Suprapinatussehne von *Ruotolo* und Mitarbeiter, gibt es bis heute noch keine einheitliche Methode um eine Supraspinatussehnenpartialruptur in ihrer gesamten Ausdehnung zu erfassen und zu beschreiben [55].

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellte Klassifikation von *Habermeyer* et al. soll die arthroskopischen artikulareseitigen Rotatorenmanschettenpartialrupturen eineindeutig beschreiben und alle oben bereits genannten Schwachpunkte der anderen Klassifikationen berücksichtigen und beheben. In der Klassifikation nach *Habermeyer* wird zunächst die Position der Ruptur und die Rupturausdehnung in Bezug zur Transition Zone (Typ I), in der Transition Zone bzw. dem Sulcus intertubercularis (Stadium II) und dem Tuberculum majus (Typ III) beschrieben. Dies ermöglicht eine genaue Bestimmung der Position der Ruptur sowie der Rupturausdehnung in der Longitudinalebene. Danach wird die Ruptur in Bezug auf die Transversalebene beschrieben und in der Klassifikation in Zone A, B oder A & B unterteilt, wobei die Zone A&B dem Bereich des Rotatorenintervalls entspricht. Nur die Kombination aus longitudinaler Einteilung (Typ I-III) und transversaler Ausdehnung (A, B, A & B) erlaubt eine 3-dimensionale Beschreibung der Rupturgrösse.

Somit ist eine individuellere Erfassung als in der Klassifikation nach *Snyder* und *Ellman* möglich, da nicht alle Insertionsstellen der Supraspinatussehne und damit des Sulcus intertubercularis die gleiche absolute Grössenausdehnung haben. Ein weiterer Vorteil dieser Klassifikation liegt darin, dass die bisher bekannte Ätiologie der artikulareseitigen Rotatorenmanschettenpartialrupturen mitberücksichtigt wird. Wie in Kapitel 4.2 erläutert gehen die artikulareseitigen RM-Partialrupturen nach dem bisherigen Erkenntnisstand vom Sulcus intertubercularis („Foot print“ der Supraspinatussehne) aus und breiten sich zunächst über den Sulcus aus um dann letztendlich vollständig abzureissen. Mit der Klassifikation in anteilige Abrisse aus dem Foot print bzw. der Transition Zone wird eine einheitliche anatomische Lokalisation der Ruptur und damit eine einheitliche Nomenklatur ermöglicht. Weitere Untersuchungen zur Klassifikation nach *Habermeyer* müssen an grösseren Kollektiven zeigen, ob sie den etablierten Klassifikationen nach *Snyder* und *Ellman* überlegen ist.

4.3 Schlussfolgerungen

Die Klassifikation nach *Habermeyer* erfüllt die oben definierten Kriterien (Ätiologie, Rupturlage und -grösse), die zu Beginn dieses Jahrhunderts durch die Unkenntnis der patho-anatomischen Vorgänge nicht berücksichtigt und von *Ellman* und *Snyder* nicht arthroskopisch beurteilt und beschrieben werden konnten. Die vorgestellte Klassifikation nach *Habermeyer* ermöglicht nicht nur eine genauere Beschreibung der Rupturlage und -größe bezogen auf das arthroskopierte Gelenk, sondern schliesst den Ursprung und die Ätiologie der degenerativen artikulareseitigen Partialrupturen mit ein. Dies alles zusammen würde helfen, die „end result idea“ von *Codmann* zu realisieren und Granny Smith Äpfel mit Granny Smith Äpfeln und Mandarin Orangen mit Mandarin Orangen zu vergleichen [41].

5 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die bestehenden Klassifikationen der Rotatorenmanschettenruptur darzustellen und ihr Für und Wider bezogen auf eine arthroskopische Befunderhebung zu diskutieren und mit der neuen, hier vorgestellten, Klassifikation nach *Habermeyer* zu vergleichen. Diese Klassifikation basiert auf der Erfahrung in der arthroskopischen und offenen Schulterchirurgie und ermöglicht eine einheitliche arthroskopische Befunddokumentation. Weitere Untersuchungen werden zeigen, inwieweit diese Einteilung eine wohl belegte Basis zur Diskussion der möglichen operativen Therapieoptionen bietet.

6 Verzeichnis der Abkürzungen

RM: Rotatorenmanschette

RI: Rotatorenintervall

asPRCT: artikularseitige Partialruptur der Rotatorenmanschette

SSP: Suprapinatussehne

ISP: Infrapinatussehne

SCP: Subscapularissehne

SGHL: Ligamentum glenohumerale superius

CHL : Ligamentum coracohumerale

LBS: Lange Bizepssehne

SLAP: superior labrum anterior to posterior

Spur Formation

AC: Acromioclavicular Gelenk

LGHM: Ligamentum glenohumerale medius

HLX: Hyperlaxität

DEGUM: Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin

NMR und MRT: Kernspinn

CT: Computertomographie

7 Literatur

1. NEER CS, 2ND, *Impingement Lesions*. Clin Orthop, 1983(173): p. 70-7.
2. HABERMEYER P, *Schulterchirurgie*. 3 ed. 2002, München, Jena: Urban&fischer Verlag.
3. GARTSMAN GM, *Arthroscopic Acromioplasty for Lesions of the Rotator Cuff*. J Bone Joint Surg Am, 1990. **72**(2): p. 169-80.
4. ELLMAN H, *Diagnosis and Treatment of Incomplete Rotator Cuff Tears*. Clin Orthop, 1990(254): p. 64-74.
5. ESCH JC, OZERKIS LR, HELGAGER JA, KANE N, and LILLIOTT N, *Arthroscopic Subacromial Decompression: Results According to the Degree of Rotator Cuff Tear*. Arthroscopy, 1988. **4**(4): p. 241-9.
6. SNYDER SJ, PACHELLI AF, DEL PIZZO W, FRIEDMAN MJ, FERKEL RD, and PATTEE G, *Partial Thickness Rotator Cuff Tears: Results of Arthroscopic Treatment*. Arthroscopy, 1991. **7**(1): p. 1-7.
7. WILSON C, *Lesion of the Suprapinatus Tendon: Degeneration, Ruptur and Calcification*. Arch Surg, 1943. **46**: p. 307-25.
8. UHTHOFF H and SANO H, *Pathology of Failure of the Rotator Cuff Tendon*. Orh Clin North Am, 1997. **28**: p. 31-41.
9. COTTON R and RIDEOUT D, *Tears of the Humeral Rotator Cuff: A Radiological and Pathological Necropsy Survey*. J Bone Joint Surg Br, 1964. **46**: p. 314-28.
10. FUKUDA H, *Partial-Thickness Rotator Cuff Tears: A Modern View on Codman's Classic*. J Shoulder Elbow Surg, 2000. **9**(2): p. 163-8.
11. DEPALMA A, CALLERY G, and BENNETT G, *Variational Anatomy and Degenerative Lesions of the Shoulder Joint*. Instr Course Lect, 1949. **6**: p. 255-81.
12. KEYES E, *Observation on Ruptures of Supraspinatus Tendon: Based Upon a Study of 73 Cadavers*. Ann Surg, 1933. **97**(6): p. 849-56.
13. REILLY P, AMIS AA, WALLACE AL, and EMERY RJ, *Supraspinatus Tears: Propagation and Strain Alteration*. J Shoulder Elbow Surg, 2003. **12**(2): p. 134-8.
14. PAYNE LZ, ALTCHER DW, CRAIG EV, and WARREN RF, *Arthroscopic Treatment of Partial Rotator Cuff Tears in Young Athletes. A Preliminary Report*. Am J Sports Med, 1997. **25**(3): p. 299-305.

15. FUKUDA H, HAMADA K, NAJAJIMA T, and TOMONAGA A, *Pathology an Pathogenesis of Intratendinous Tearing of the Rotator Cuff Viewed on a Bloc of Histologic Section*. Clin Orthop Rel Res, 1990. **254**: p. 60-67.
16. DUPLAY S, *De La Peri-Arthrite Scapulo-Humerale Et De Raideurs De L'epaule Qui En Sont La Consequence*. Arch Gen Med, 1872. **20**: p. 513-542.
17. BIGLIANI L, MORRISON D, and APRIL E, *Morphology of the Acromion an Its Relationship to Rotator Cuff Tears*. Orthop Trans, 1986. **10**: p. 228.
18. AOKI M, ISHI S, USUI M, and MIAYNO S, *The Slope of the Acromion and Rotator Cuff Tear: A Cadaveric Study*. The shoulder, 1986: p. 215-219.
19. ZUCKERMANN J, KIMMER F, and CUOMO F, *The Influence of the Coracoacromial Arch Anatomy on Rotator Cuff Tears*. J Shoulder Elbow Surg, 1992. **1**: p. 4-14.
20. FLATOW E, SOSÖOWSKY L, and TICKER J, *Excursion of the Rotator Cuff under the Acromion*. Am J Sports Med, 1994. **22**: p. 779-788.
21. SONNABEND D, *Rotator Cuff Delamination*. J Bone Joint Surg, 1994. **76-B**: p. 110.
22. UHTHOFF H, LOEHR J, HAMMOND I, and SARKAR K, *Ätiologie Und Pathogenese Der Rupturen Der Rotatorenmanschette*. Hefte z Unfallheilkd, 1986. **180**: p. 3-9.
23. CONZEN A and F. E, *Quantitative Determination of Articular Pressure in the Human Shoulder Joint*. J Shoulder Elbow Surg, 2000. **9**: p. 196-204.
24. BATEMAN J, *The Shoulder and Neck*, in *The Shoulder and Neck*, WB SAUNDERS, Editor. 1972: Philadelphia 1972. p. 213-235.
25. PATTE D, *Classification of Rotator Cuff Lesions*. Clin Orthop, 1990. **254**: p. 81-86.
26. ELLMAN H, *Arthroscopic Shoulder Surgery and Related Procedures*, LA FEBIGER, Editor. 1993: Philadelphia. p. 8-99.
27. FOX J RA, *Arthroscopic Subscapuarlis Repair*. Annual meeting of the American Acadamy of Orthopeadic Surgeons, 2003.
28. GOUTALLIER D, POSTEL J, BERNAGEAU J, LAVAU L, and VOISIN M, *Fatty Msucle Degeneration in Cuff Ruptures: Pre and Postoeprative Evaluation by Ct Scan*. Clin Orthop, 1994. **304**: p. 78-83.

29. GOUTALLIER D, BERNAGEAU J, and PATTE D, *L'evaluation Par Le Scanner De La Trophicitéés Muscles De La Coiffe Des Rotateurs Ayant Une Rupture Tendineuse*. Rev Chir Orthop, 1989. **1**: p. 126-127.
30. GAZIELLS D, GLEYZE P, and THOMAS P, eds. *The Cuff*. ed. H THOMAZEAU and LUCAS C. 1997, Elsevier: Paris. 92-94.
31. BURKHEAD WZ, JR., *Rotator Cuff Disorders*. Conservative Management of Rotator Cuff Tears, ed. D SELTZER, BASAMANIA C, and ROCKWOOD CJ. 1996. 258-267.
32. BUCKUP K, *Klinische Tests an Knochen, Gelenken Und Muskeln*. 1995, Stuttgart; New York: Thieme Verlag. 241.
33. HEDTMANN A and FETT H, *Die Ultraschalluntersuchung Des Schultergelenkes*, in *Schulterchirurgie*, P HABERMERYER, Editor. 1990, Urban und Schwarzenberg: München.
34. RESCH H, *Röntgenabklärung Bei Schulterluxationen Einschliesslich Doppelkkontrast*, in *Schulterchirurgie*, P HABERMERYER, Editor. 1990, Urban und Schwarzenberg: München.
35. BURKHART SS, ESCH JC, and JOLSON RS, *The Rotator Crescent and Rotator Cable: An Anatomic Description of the Shoulder's "Suspension Bridge"*. Arthroscopy, 1993. **9**(6): p. 611-6.
36. BURKHART SS, *Fluoroscopic Comparison of Kinematic Patterns in Massive Rotator Cuff Tears. A Suspension Bridge Model*. Clin Orthop Relat Res, 1992(284): p. 144-52.
37. SNYDER SJ, *Labral Lesions (Noninstability) and Slap Lesions in Shoulder Arthroscopy*, in *Shoulder Arthroscopy*, SJ SNYDER, Editor. 1994, Mc Graw-Hill Inc.: New York, St.Louis, San Fransisco. p. 115-132.
38. NAM EK and SNYDER SJ, *The Diagnosis and Treatment of Superior Labrum, Anterior and Posterior (Slap) Lesions*. Am J Sports Med, 2003. **31**(5): p. 798-810.
39. WALDHERR P and SNYDER SJ, *[Slap-Lesions of the Shoulder]*. Orthopade, 2003. **32**(7): p. 632-6.
40. SNYDER SJ, KARZEL RP, DEL PIZZO W, FERKEL RD, and FRIEDMAN MJ, *Slap Lesions of the Shoulder*. Arthroscopy, 1990. **6**(4): p. 274-9.
41. CIEPIELA MD and BURKHEAD WZ, JR., *Classification of Rotator Cuff Tears*, in *Rotator Cuff Disorders*. 1996, Lippincott Williams & Wilkins. p. 100-107.
42. CODMAN EA and AKERSON ID, *The Pathology Associated with Ruptur of the Supraspinatus Tendon*. Ann Surg, 1931. **93**: p. 348-359.

43. ELLMAN H, HANKER G, and BAYER M, *Repair of the Rotator Cuff: End Result Study of Factors Influencing Reconstruction*. J Bone Joint Surg Am, 1986. **68**: p. 1136-1144.
44. ELLMAN H, KAY SP, and WIRTH M, *Arthroscopic Treatment of Full-Thickness Rotator Cuff Tears: 2-7 Year Follow-up Study*. Arthroscopy, 1993. **9**: p. 195-200.
45. LÖHR JF and UHTHOFF HK, *The Microvascular Pattern of the Supraspinatus Tendon*. Clin Orthop, 1990(254): p. 35-8.
46. OZAKI J, FUJIMOTO S, NAKAGAWA Y, MASUHARA K, and TAMAI S, *Tears of the Rotator Cuff of the Shoulder Associated with Pathological Changes in the Acromion. A Study in Cadavera*. J Bone Joint Surg Am, 1988. **70**(8): p. 1224-30.
47. UHTHOFF HK and SANO H, *Pathology of Failure of the Rotator Cuff Tendon*. Orthop Clin North Am, 1997. **28**(1): p. 31-41.
48. UHTHOFF HK and LOEHR JW, *Calcific Tendinopathy of the Rotator Cuff: Pathogenesis, Diagnosis, and Management*. J Am Acad Orthop Surg, 1997. **5**(4): p. 183-191.
49. SANO H, ISHII H, YEADON A, BACKMAN DS, BRUNET JA, and UHTHOFF HK, *Degeneration at the Insertion Weakens the Tensile Strength of the Supraspinatus Tendon: A Comparative Mechanical and Histologic Study of the Bone-Tendon Complex*. J Orthop Res, 1997. **15**(5): p. 719-26.
50. ISHII H, BRUNET JA, WELSH RP, and UHTHOFF HK, *"Bursal Reactions" in Rotator Cuff Tearing, the Impingement Syndrome, and Calcifying Tendinitis*. J Shoulder Elbow Surg, 1997. **6**(2): p. 131-6.
51. CODMAN EA, *The Shoulder*, ed. T TODD. 1934, Boston.
52. NAKAJIMA T, ROKUUMA N, HAMADA K, TOMATSU T, and FUKUDA H, *Histologic and Biomechanical Characteristics of the Supraspinatus Tendon: Reference to Rotator Cuff Tearing*. J Shoulder Elbow Surg, 1994. **3**: p. 79-87.
53. CLARK JM and HARRYMAN DT, 2ND, *Tendons, Ligaments, and Capsule of the Rotator Cuff. Gross and Microscopic Anatomy*. J Bone Joint Surg Am, 1992. **74**(5): p. 713-25.
54. NEER CS, *Cuff Tears, Biceps Lesions, and Impingement*, in *Shoulder Reconstruction*, WB SAUNDERS, Editor. 1990: Philadelphia. p. 63-70.
55. RUOTOLO C, FOW JE, and NOTTAGE WM, *The Supraspinatus Footprint: An Anatomic Study of the Supraspinatus Insertion*. Arthroscopy, 2004. **20**(3): p. 246-9.

56. FUKUDA HM, M.; OGAWA, K.; YAMANAKA,K.; HAMADA,K., *The Partial Thickness Tear of the Rotator Cuff*. Orthp Trans, 1983. **7**: p. 70-77.
57. FUKUDA HC, E.V.; YAMANAKA,K., *Surgical Treatment of Incomplete Thickness Tears of Rotator Cuff: Long Term Follow Up*. Ortop Trans, 1987. **11**: p. 237-238.
58. OLSEWSKI JM and DEPEW AD, *Arthroscopic Subacromial Decompression and Rotator Cuff Debridement for Stage Ii and Stage Iii Impingement*. Arthroscopy, 1994. **10**(1): p. 61-8.
59. WRIGHT SA and COFIELD RH, *Management of Partial-Thickness Rotator Cuff Tears*. J Shoulder Elbow Surg, 1996. **5**(6): p. 458-66.
60. GARTSMAN GM and MILNE JC, *Articular Surface Partial-Thickness Rotator Cuff Tears*. J Shoulder Elbow Surg, 1995. **4**(6): p. 409-15.
61. SANO H, ISHII H, and YEADON AEA, *Degeneration at the Insertion Weakens the Tensile Strength of the Supraspinatus Tendon: A Comparative Mechanical and Histologic Study of the Bone- Tendon Complex*. J Orthop Res, 1997. **15**: p. 719-726.
62. YAMANAKA K and MATSUMOTO T, *The Joint Side Tear of the Rotator Cuff. A Followup Study by Arthrography*. Clin Orthop, 1994. **304**: p. 68-73.
63. YAMAGUCHI K, TETRO A, BLAM O, TEEFEY SA, and MEDDLETON W. *Natural History of Asymptomatic Rotator Cuff Tears: Analysis of Asymptomatic Tears Detected Sonographically*. in *Proceedings of the Internatinal Congress on Surgery of the Shoulder*. 1998. Sydney, Australia.
64. SANO H, UHTHOFF HK, BACKMAN DS, BRUNET JA, TRUDEL G, PHAM B, and ISHII H, *Structural Disorders at the Insertion of the Supraspinatus Tendon. Relation to Tensile Strength*. J Bone Joint Surg Br, 1998. **80**(4): p. 720-5.

8 Danksagung

Last but not least möchte ich mich an dieser Stelle bei den nachfolgend genannten Damen und Herren besonders bedanken. Alle hier genannten haben zum Gelingen dieser Arbeit auf die ein oder andere Art und Weise beigetragen:

Herrn Prof. Dr. med. Peter Habermeyer, der mich nicht nur im Rahmen dieser Doktorarbeit bestens betreut hat, sondern mich uneigennützig in die Geheimnisse der Schulterchirurgie eingeweiht hat. Ihm und Herrn Dr. med. Sven Lichtenberg verdanke ich eine sehr lehrreiche und unvergessliche Zeit in ihrer Abteilung.

Frau Dr. med. Petra Magosch für die freundliche Unterstützung bei der Literatursuche, den wertvollen Tipps sowie der Durchsicht des Manuskriptes.

Herrn Rüdiger Himmelhan danke ich für die gelungenen Illustrationen.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die zu jedem Zeitpunkt meines Lebens an mich geglaubt haben, mich in den schwierigen Phasen unterstützt und mich immer wieder motiviert haben.

9 Curriculum vitae

Krieter, Christina Henrike (geb.Frank)

Geboren am 30.09.1972 in Freiburg im Breisgau

Collinstr. 5 24-14

68161 Mannheim

Schule:

1983-1992	Deutsch-Französisches Gymnasium, Freiburg Lycée Franco-Allemand, Fribourg, Allemagne
1992	Deutsch-Französisches Abitur / Baccalauréat Franco-Allemand Deutsch-Französisches Gymnasium, Freiburg Lycée Franco-Allemand, Fribourg, Allemagne

Studium:

1992 - 2000 **Studium der Humanmedizin** in Heidelberg/ Montpellier/ Bern

Beruf:

01.06.2000/ 30.11.2001	Orthopädisch-Unfallchirurgisches Zentrum der Universitätsklinik Mannheim Ärztin im Praktikum CA Prof. Dr. med. L. Jani (bis 01.10.2000) CA Prof. Dr. med. H.-P. Scharf (ab 01.10.2000)
01.12.2001	Approbation als Ärztin
01.12.2001/ 31.12.2002	Kreiskrankenhaus Schwetzingen Lehrkrankenhaus der Universität Heidelberg Assistenzärztin der Chirurgie und Unfallchirurgie CA Dr. med. R.-O. Bethke
Seit 01.01.2003	Orthopädisch-Unfallchirurgisches Zentrum der Universitätsklinik Mannheim Assistenzärztin der Orthopädie und Unfallchirurgie CA Prof. Dr. med. H.-P. Scharf
14.11.2006	Fachärztin für Orthopädie und Unfallchirurgie