

P. Habermeyer • L. Lehmann • S. Lichtenberg • Zentrum für Schulter- und Ellenbogenchirurgie, ATOS-Klinik Heidelberg

Rotatorenmanschetten-Ruptur

Diagnostik und Therapie

Zusammenfassung

Aufgrund eines zunehmend hohen Funktionsanspruches und einer auch in fortgeschrittenem Alter noch sportlich aktiven Gesellschaft kommt der Diagnostik und Therapie der Rotatorenmanschettenruptur eine zunehmend hohe Bedeutung zu. Ziel einer genauen klinischen und bildgebenden Diagnostik ist es, eine pathologiekonforme Therapiestrategie zu entwickeln. Durch Entwicklung neuer Operationsverfahren, insbesondere im Bereich der geschlossenen, arthroskopischen Chirurgie, kommt hier der operativen Therapie besondere Bedeutung zu. Für ausgedehnte, komplexe Rotatorenmanschettenläsionen stehen anatomische, plastisch-chirurgische sowie Partialrekonstruktionen und sog. Ersatzverfahren zur Verfügung. In Fällen inoperabler Rotatorenmanschetten-Rupturen mit Defektarthropathie nach eingetretenem Humeruskopfhochstand ist der Einsatz endoprothetischer Verfahren mit Implantation einer Schulterhemiprothese oder einer inversen Schulterprothese nach Grammont indiziert. Mit Hilfe von Algorithmen lassen sich anhand klinischer, radiologischer sowie intraoperativer Verfahren die jeweils günstigste Operationsmethode entwickeln.

Schlüsselwörter

Rotatorenmanschettenläsion • Diagnostik • Therapie • Indikation • Algorithmen

Bei der Betrachtung der Pathologie von Sehnenkrankungen nimmt die Rotatorenmanschettenruptur eine besondere Stellung ein. Unterteilt in Altersdekaden fand Milgrom folgende Häufigkeit an Totalrupturen: Bei Patienten unter 50 zeigen sich 5 % Rupturen, in der 5. Altersdekade sind es 11 % mit kompletter Ruptur, über 70 hat jeder 2. Patient eine Totalruptur, über 80 sind es 80 % [69]. Radas und Pieper fanden hingegen zwischen dem 50. und 80. Lebensjahr dagegen nur ca. 10 % Totalrupturen in autoptischen Untersuchungen [80].

Frühere Ansichten, dass die Rotatorenmanschetten(RM-)ruptur eine schicksalhaft mit dem Alter vergesellschaftete Erkrankung darstellt, die keiner operativen Behandlung bedarf, wurden durch zahlreiche Publikationen widerlegt.

Das Durchschnittsalter der Patienten mit operationswürdiger RM-Ruptur liegt bei 56 Jahren [86], wobei 50 % aller Rupturen der Supra- und Infraspinatussehne eine vorbestehende Degeneration zugrundeliegt. Häufig erleiden Patienten bei degenerativer Schadenslage ein akutes Trauma, das den vorliegenden Defekt vergrößert und als klinisches Bild manifest werden lässt.

Isolierte Läsionen des Subscapularis werden hingegen in 70 % der Fälle durch adäquate Traumata ausgelöst [35, 86].

Die Schulterluxation beim Patienten über 40 führt in 40–70 % der Fälle zu einer RM-Ruptur [68] und wird hier nicht selten übersehen [76].

Diagnostik

Anamnese und klinische Symptome

Die RM-Rupturen entstehen entweder traumatisch auf dem Boden adäquater Unfallereignisse, wie z.B. durch Sturz auf den nach hinten ausgestreckten Arm oder ein direktes Trauma, oder entwickeln sich auf dem Boden einer degenerativen Genese. Bei intermittierend auftretenden leichten Schulterbeschwerden kommt es plötzlich durch ein Ereignis zur endgültigen Zerreißen und somit erstmalig zur klinischen Manifestation. Selten wird ein Reißgeräusch im Bereich der betroffenen Schulter wahrgenommen. Der sichtbare Bluterguß im Schulter-Oberarm-Brustbereich ist ein sicheres Zeichen der akuten traumatischen Ruptur, die oftmals mit einer primären Pseudoparalyse einhergeht.

In der Postakutphase kann es zu einer Verbesserung der Beweglichkeit bis hin zur vollständigen Wiederherstellung der aktiven ROM kommen. Nun stellen Schmerz und Kraftverlust, insbesondere bei Belastung und Überkopparbeiten die Kardinalsymptome dar. Typischerweise klagen die Patienten vor allem über einen störenden Nachtschmerz, insbesondere beim Liegen auf der betreffenden Schulter.

Der Schmerz wird in den vorderen Schulterbereich zum Tuberculum majus

Prof. Dr. P. Habermeyer
Zentrum für Schulter- und Ellenbogenchirurgie,
ATOS-Klinik Heidelberg, Bismarckstraße 9–15,
D-69115 Heidelberg

P. Habermeyer · L. Lehmann ·
S. Lichtenberg

Rotator cuff tear. Diagnostic and therapy

Summary

Since the life span of our society is increasing and the expectation of high functional demands is growing more and more older people take part in sports activities emphasises the necessity of early diagnosis of rotator cuff lesions and their correct treatment. The goal of any diagnostic means should be a proper treatment of rotator cuff lesions according to the detected pathology. New arthroscopic techniques to surgically reconstruct rotator cuff tears have brought the operative repair techniques another step further. In cases of large and complex cuff tears the surgeon can individually select an adequate reconstruction procedure which includes anatomical-, partial-, tendon-transfer and muscle-transfer repairs. In cases of irreparable tears with cuff-tear arthropathy and consecutive superior migration of the humeral head hemiarthroplasty or the inverse deltoid prosthesis have to be considered. Based on clinical, radiological and arthroscopic findings we developed algorithms that will lead to the best suited procedure for a given lesion.

Key words

Rotator cuff tear · Therapy · Diagnostic ·
Indication · Algorithm

mit Ausstrahlung in das Ansatzgebiet des M. deltoideus und in den Oberarm projiziert. Schulterschmerzen, die sich in den Nacken projizieren, können hingegen vom AC-Gelenk ausgehen.

Ausstrahlungen bis in die Finger oder radikulär zuzuordnende Schmerzen sowie periphere Parästhesien weisen dagegen auf eine HWS-Pathologie hin. Umgekehrt kann eine Medianuskompression beim Karpaltunnelsyndrom bis in die Schulter ausstrahlen und ebenfalls Nachtschmerzen auslösen.

Die sichtbare Atrophie im Bereich der Muskellogen des Supraspinatus und Infraspinatus weisen ebenso wie eine vorbestehende LBS-Ruptur auf eine länger bestehende RM-Ruptur hin.

Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung beginnt bei der HWS mit der Überprüfung der Bewegungsumfänge sowie mit differenzierten Funktionstests [19]. Nach Abklärung einer potentiellen vertebrogenen, vaskulären sowie neurovaskulären Schmerzgenese folgt die klinische Prüfung des Schultergelenks.

Am Schultergelenk sind die Palpationsbefunde hinsichtlich der RM-Ruptur nicht immer sehr spezifisch, dennoch lassen sich einige wichtige Hinweise gewinnen.

Creptitation nach Codman

So ist teilweise unter dem Vorderrand des Acromions ein Sehnendefekt tastbar, und auch das Schnappen der rupturierten Sehne unter dem Fornix humeri oder Krepitationen können Hinweise auf das Vorliegen einer RM-Ruptur geben [21].

Spezifische Palpationspunkte

Das AC-Gelenk ist druckschmerzhaft bei posttraumatischen oder arthrotischen Deformitäten. Das Tuberculum majus als Ansatzpunkt der Supraspinatussehne sowie das Tuberculum minus als Ansatz der Subskapularissehne sind spezifisch bei Sehnenläsionen. Der Sulcus bicipitalis ergibt Hinweise auf LBS-Pathologien.

Die sich anschließende Bewegungsanalyse umfaßt die Dokumentation der aktiven sowie passiven Bewegungsum-

fänge, die Beurteilung der Schmerzhaftigkeit sowie Gleichförmigkeit der Bewegung, des Bewegungsendgefühls (Kapselmuster) und nicht zuletzt der Mitbewegung und Führung der Skapula hinsichtlich eines gestörten skapulothorakalen Rhythmus. Die Bewegungsanalyse beginnt mit der passiven Überprüfung der Gelenkfreiheit. Danach demonstriert der Patient seine aktiven Bewegungsumfänge entsprechend der Neutral-o-Methode. Eine gemischte aktive und passive Bewegungsbehinderung liegt vor, wenn der Patient neben der RM-Ruptur eine adhäsive Kapsulitis entwickelt hat.

Veränderungen der Bewegungsanalytik sind nach RM-Ruptur sehr vielfältig und daher immer im Kontext der gesamten klinischen Untersuchung zu bewerten.

So sind massive Einschränkungen der aktiven Beweglichkeit bis hin zur Pseudoparalyse nach RM-Ruptur ebenso anzutreffen wie vermehrte passive ARO-Fähigkeit bei Subskapularisruptur. Als Folge einer RM-Ruptur kann sich eine passiv freie, jedoch schmerzhafte Beweglichkeit klinisch ebenso zeigen wie die massive Einschränkung mit fest elastischem Bewegungsendgefühl und frühzeitigem Mitdrehen der Scapula bei adhäsiver Kapsulitis.

Sensitiver und für die genaue Lokalisation der RM-Ruptur geeigneter, sind die Prüfung der Muskelkraft und isometrische RM-Tests. Ausgehend davon, dass in bestimmten Positionen des Arms im Verhältnis zum Körper selektiv einzelne muskulotendinöse Einheiten für die biomechanische Kraftentwicklung verantwortlich sind, lassen sich für jeden Bereich der RM hochsensitive klinische Tests zur Defektbestimmung heranziehen [65, 85].

So wird die Integrität des SSP durch den 0° Abduktionstest, sowie seine Haltefunktion in 90° Abduktion und 30° Horizontalflexion in Innen-(Jobe-Test) und Außenrotation (Patte-Test) getestet (Tabelle 1).

Die Funktion der Außenrotatoren (ISP/Teres minor) wird mit Außenrotationskraft gegen Widerstand aus der Neutralstellung und am Ende der Außenrotationsamplitude sowie durch das „hornblowers-sign“ nach Walch getestet [87].

Zur Beurteilung des Subskapularis muss der Patient die angelegten Arme

Tabelle 1

Klinische Zeichen der SSP-Ruptur

- ▶ Palpabler Sehnendefekt
- ▶ Krepitation nach Codman
- ▶ Scapulothorakale Kompensation
- ▶ Positiver Jobe/Patte-Test
- ▶ ARO-Schwäche
- ▶ Sichtbare Atrophie
- ▶ Drop-arm-sign

Tabelle 2

Klinische Zeichen der SCP-Ruptur

- ▶ Adäquates Unfallereignis
- ▶ Vermehrte pass. Außenrotation
- ▶ Positiver Lift-off-Test
- ▶ SCP lag sign

innenrotieren (IRO bei 0° Abdomen). Beim aktiven Lift-off-Test nach Gerber bringt der Patient den Arm zum Schürzengriff und muss nun gegen Widerstand die Hand des Untersuchers vom Rumpf wegdrücken [36]. Kann der Arm des Patienten nicht in maximale Innenrotation gebracht werden, so wird die Funktion des Subskapularis mittels des Napoleon-Zeichen getestet: hierbei muss der Patient die Handinnenflächen auf das Abdomen legen. Bei einem positiven Napoleon-Zeichen kann der Ellenbogen nicht maximal nach ventral geführt werden (Tabelle 2).

Da die Aussagekraft aller RM-Funktionstests durch starke Schmerzen während der Untersuchung teils deutlich beeinträchtigt ist, erhöht die diagnostische Prüfung der sog. „lag signs“ die Treffsicherheit enorm [50].

Bei einem positiven „lag sign“ kann der passiv durchgeführte maximale Bewegungsausschlag aktiv nicht gehalten werden. Am auffälligsten lässt sich dies am „drop-arm sign“ demonstrieren. Hierbei ist der Patient nicht in der Lage, den abduzierten Arm gegen die Schwerkraft zu halten (Tabelle 3).

Kann der passiv voll außenrotierte und am Oberkörper angelegte Arm nicht in seiner Position gehalten werden und schnell zurück, so spricht man von einem positiven „ARO-lag sign“ [50] bzw. „dropping sign“ [87].

Das positive IRO-lag sign nach Gerber beschreibt die Unfähigkeit des Pati-

enten, den hinter dem Rücken in max. IRO gebrachten Arm vom Rücken fern zu halten.

Die Prüfung der Impingement-Zeichen nach Neer und Hawkins sind obligate Bestandteile einer jeden Untersuchung, im Hinblick auf die Diagnosestellung einer RM-Ruptur jedoch nur wegen des begleitenden mechanischen Outlet-Impingements von Interesse.

Neben den bekannten Zeichen nach Neer [73] und Hawkins [45] soll das „Matsen Zeichen“ erwähnt werden: Der Patient wird aufgefordert, seine Hand auf den Rücken möglichst zwischen die Schulterblätter zu bringen. Bei der häufig begleitenden Kapsulitis kommt es zu einer dorsalen Kapselschrumpfung. Demzufolge ist die durch den Test zu prüfende maximale Innenrotation schmerzhaft behindert, der Patient ist unfähig zur vollen Innenrotation. Zudem entwickelt der Patient in dieser Position starke Schmerzen im Sinne eines sekundären Impingements, weil die dorsale Kapselverkürzung zu einem Höherentreten des Kopfes führt [67]. Das Matsen-Zeichen, d. h. der schmerzhafte Innenrotationstest ist daher ein Test für ein sekundäres Impingement, während das Neer-Zeichen und der Hawkins-Test eher die primäre Impingementsituation überprüfen.

Bildgebende apparative Diagnostik

Ultraschall

Durch die ultrasonographische Untersuchungstechnik steht dem Erstuntersucher eine nichtinvasive, kostengünstige, mobile und beliebig oft wiederholbare, jedoch stark vom Untersucher abhängige, Technik zur Verfügung. Sie sollte in der orthopädischen Praxis bei Verdacht auf eine subakromiale- bzw. RM-Pathologie zum Goldstandard der Diagnostik gehören.

Sie ermöglicht die Diagnose der einfachen Degeneration bis hin zur kompletten Ruptur mit einer Genauigkeit zwischen 94 und 98 % [43, 91] und einer Sensitivität von ca. 96 % für Totalrupturen sowie 90 % für Partialrupturen [49].

Als Standard in der sonographischen Weichteildiagnostik hat sich der 7,5-MHz-Linearschallkopf bewährt. Je nach Ausbildung und Vorliebe haben

sich die Beschreibungen von Hedtmann [48] bzw. Harland etabliert. Beiden ist gemein, dass sie zur Beurteilung des Supraspinatus den Schallkopf in 2 zueinander senkrecht stehenden Ebenen aufsetzen. Der korakoakromiale Schnitt bzw. Hedtmann I zeigt den SSP quer zu seinem Verlauf. Als typisches Bild gilt das Wagenradphänomen. Die Schallkopfposition liegt lateral und parallel der korakoakromialen Linie (Hedtmann I). Der anterolateral liegende Schnitt senkrecht zur korakoakromialen Ebene (Hedtmann II) lässt den SSP im Längsverlauf zu seinem Ansatz am Tuberculum majus erkennen („Rabenschnabelphänomen“). Mit Hilfe dieser Schallkopfpositionen sind ca. 90 % aller Untersuchungen durchzuführen.

Mit zusätzlichen Schnittebenen kann man im ventral-horizontalen Schnitt den Subskapularis im Längs-, und die LBS im Querschnitt beurteilen. Der 90° senkrecht dazu angewandte ventral longitudinale Schnitt zeigt die LBS in Ihrem Längsverlauf.

Zur Erkennung großer Rupturen der RM oder isolierter ISP-Läsionen verwenden wir zusätzlich den dorsal-horizontalen Schnitt. Die fehlende Darstellbarkeit, Strukturunterbrechung, der Kalibersprung und die Konturumkehr sind sichere Zeichen der RM-Ruptur [48] (Tabelle 4).

Fehlermöglichkeiten der sonographischen Untersuchung entstehen durch das Verfehlen der Ansatzposition der Supraspinatussehne durch zu proximales oder zu distales Positionieren des Schallkopfes in Schallkopfposition Hedtmann I sowie Darstellung der Bizepssehne in ihrem intraartikulären Verlauf in Hedtmann-II-Position. Weitere Interpretationsfehler ergeben sich hinsichtlich der Bursa- und Grenzschichtveränderungen sowie der Echogenitätsveränderungen.

Tabelle 3

Klinische Zeichen der ISP-Ruptur

- ▶ Außenrotations lag-sign
- ▶ ARO-Schwäche gegen Widerstand
- ▶ Sichtbare Atrophie
- ▶ Positiver Außenrotationstest

Tabelle 4

Sonographische Zeichen der RM-Ruptur**Formale Veränderung**

Verschmälerung der RM
Fehlende Darstellbarkeit
Unterbrechung der Bursagrenzschicht
Konturumkehr
Stufenbildung der Bursagrenzschicht
Kalibersprung

Strukturelle Veränderung

Echoreiche/echoarme Zonen
Inhomogenität

Röntgendiagnostik

Als 2. obligater Bestandteil der bildgebenden Diagnostik bei Verdacht auf RM-Ruptur gilt die Nativröntgenaufnahme im a.-p.-Strahlengang mit korrekter Einstellung des Gelenkspalts, sowie eine axiale und eine Outlet-view-Aufnahme (sog. Impingementserie).

Hierbei ist vor allem auf eine subakromiale Enge im Sinne eines mechanischen Impingements durch Traktionsosteophyten der Acromionunterkante [25, 81], sowie auf AC-Gelenkosteophyten, deren Vorliegen streng mit einer RM-Pathologie korreliert [10], zu achten.

Bei Vorliegen eines Os acromiale kann von einer gesicherten Prädisposition hinsichtlich einer RM-Pathologie bzw. einer präexistente RM-Pathologie ausgegangen werden [71].

Degenerative intrinsische Sehnenveränderungen führen oftmals zu Hypersklerosierungen im Ansatzbereich der SSP-Sehne am Tuberculum majus als Zeichen der Enthesopathie [90].

Kaneko et al. beschreiben radiologische Veränderungen am Tuberculum majus sowie das Höherentreten des Humeruskopfes im Sinne eines verringerten acromiohumeralen Abstandes als sensitivstes und spezifischstes Zeichen der RM-Ruptur [57] (Tabelle 5).

Tabelle 5

Radiologische Hinweise auf RM-Pathologie

- ▶ Traktionsosteophyt am Akromion
- ▶ AC-Gelenkosteophyt, ACG-Arthrose
- ▶ Enthesopathie
- ▶ Verminderter akromiohumeraler Abstand
- ▶ Os acromiale

Die sog. „Cuff-Arthropathie“ [65] als Spätfolge der RM-Massenruptur lässt sich nach Favard [30] radiologisch in 3 Stadien unterteilen. Hierbei kommt es durch Höherentreten des Kopfes zum Anschlagen des Kopfes am Fornix humeri und zur Neogelenksbildung am Acromion (Abb. 1).

MRI

Hinsichtlich Genauigkeit, Sensitivität und Spezifität steht die MRI-Untersuchung der ultrasonographischen Untersuchung in keinster Weise nach [3, 27, 53].

Die Diskontinuität der Sehne, die Retraktion der muskulotendinösen Verbindung sowie die Ausdünnung der SSP-Sehne gelten als Zeichen mit höchster Genauigkeit, wobei die Diskontinuität das spezifischste, die Flüssigkeitsansammlung in der Bursa subacromialis das sensitivste Zeichen der RM-Ruptur darstellt [53] (Tabelle 6).

Insbesondere in T₂-gewichteten Bildern zeigen sich, im Unterschied zur Entzündung oder Degeneration der RM-Zonen stark vermehrte wasseräquivalente Signalintensität [59].

Die Überlegenheit der MRI-Untersuchung zeigt sich bei der präoperativen Planung: Insbesondere das präoperative morphologische Staging mit Aussagen über Weichteilbeschaffenheit, Defektausdehnung, Ausmaß der Retraktion und Muskelatrophie machen das MRI hier zu einem fast unverzichtbaren Hilfsmittel [12, 51].

Neurologische Untersuchung

Bei Paresen der Muskulatur, Hypästhesien und brachialgieformen Beschwerden sollte zum Ausschluss einer vertebrogenen Genese oder eines Engpass-

Tabelle 6

Kernspintomographische Zeichen der RM-Ruptur

- ▶ Sehnendehiszenz
- ▶ Fortleitung des intraartikulären Ergusses
- ▶ Signalerhöhung im Rupturbereich in T₂-Wichtung
- ▶ Kalibersprung der Sehne
- ▶ Atrophie des Muskelbauchs
- ▶ Erguss in Bursa subacromialis

syndroms die fachneurologische Abklärung erfolgen.

Die isolierte Atrophie der Supra- und Infraspinatusmuskulatur bei unauffälliger Sonographie sowie die entsprechende Abduktions- und Außenrotationsschwäche des Arms sind hochverdächtig auf ein Entrapement des N. suprascapularis (Incisura-scapulae-Syndrom) [41].

Therapie**Konservative Therapie**

Die Diskussion hinsichtlich einer optimalen therapeutischen Versorgung ist grundsätzlich im Rahmen eines ausführlichen Staging und Grading zu führen.



Abb. 1 ▲ Humeruskopfhochstand nach Rotatormanntettenruptur (Cuffarthropathie)

Als Kriterien für eine konservative Behandlung können herangezogen werden:

- ▶ langsamer Beginn,
- ▶ degenerative Genese,
- ▶ inaktiver Patient,
- ▶ Non-Compliance,
- ▶ begleitende „frozen shoulder“.

Nach Rockwood lässt sich die konservative Therapie nach RM-Ruptur in 3 Phasen unterteilen [83]. Nach initialer analgetischer und antiphlogistischer Therapie, evtl. unterstützt durch Steroidinjektionstherapie (Cave: > 3 Steroidinjektionen verschlechtern die Heilungschance [11]), steht in Phase 1 als Ziel die Wiederherstellung einer schmerzfreien ROM mittels passiver Bewegungsübungen mit manueller Therapie und Weichteiltechniken im Vordergrund. Darüber hinaus ist eine Haltungs- und Wirbelsäulenschulung durchzuführen und häufig anzutreffende Defizite mit Skapulaprotraktion und BWS/HWS-Kyphosierung entgegenzuwirken, die per se zu einem „tertiären“ Impingement führen.

Bei nahezu normaler ROM beginnt Phase 2 zur Kräftigung der Restmuskulatur der RM, der Skapulastabilisatoren, sowie des M. deltoideus. Auch in Phase 2 darf keinesfalls der freie ROM aus den Augen verloren werden. Übungsbehandlungen der Phase 1 sind kontinuierlich fortzusetzen. Zur Kräftigung werden vornehmlich Theraband-Übungen durchgeführt, wobei Übungen im Schmerzbereich zu vermeiden sind.

Da es bei einem RM-Defekt durch anterior-superiore Humeruskopfwanderung bei Flexionsbewegungen zu äußerst schmerzhaften Impingementsymptomen kommen kann, ist das Ziel, ein muskuläres Gleichgewicht zwischen Kopfdepressoren (i. e. Rest-RM, und Mm. teres major, Latissimus dorsi, Pectoralis major) und Skapulastabilisatoren einerseits und M. deltoideus andererseits wiederaufzubauen.

Durch stufenweise und spezifische Belastungssteigerung ist es Ziel der Phase 3, den Patienten wieder in sein gewohntes Arbeits- und Freizeitleben zu integrieren.

Die Entscheidung hinsichtlich eines konservativen Vorgehens vom Patientenalter abhängig zu machen, wurde in den letzten Jahren mehr und mehr

verlassen, da postoperative Ergebnisse vom Patientenalter weniger abhängig zu sein scheinen, als bisher angenommen [44]. Zwar nimmt im Alter die Rupturgröße zu [86], welche wiederum das Operationsergebnis beeinflusst [23], das Alter an sich beeinflusst das Resultat jedoch nicht im Sinne eines schlechteren Heilungsverlaufs. Mit zunehmender Lebensdauer und vor allem -aktivität, sowie deutlich steigendem Funktionsanspruch kann auch bei Patienten mit fortgeschrittenem Alter > 70 Jahre noch die Indikation zur Operation bestehen [93].

So ist auch nicht zu vergessen, daß dem Erfolg der konservativen Behandlung deutliche Grenzen gesetzt sind. Noel berichtet von einem Heilungserfolg nach gesicherter RM-Ruptur von 40% [78], Boker beschreibt persistierende Schwäche in 94% sowie Muskelatrophie in 56% der Fälle nach konservativer Therapie [13]. Insbesondere Langzeitstudien machen deutlich, daß es sich bei konservativer Therapie oftmals nicht um dauerhafte positive Resultate handelt [56].

Als Kontraindikationen für konservative Therapieversuche sind zu nennen:

- ▶ akutes Trauma der RM,
- ▶ Primäre Subskapularis- und Infraspinatusbeteiligung wegen folgender Insuffizienz der Kopffzentrierung,
- ▶ Zustand nach Schulterluxation,
- ▶ aktiver Patient im Arbeitsleben bei gesicherter Compliance,
- ▶ hoher Funktionsanspruch in Sport und Freizeit,
- ▶ funktioneller Verlust der unteren Extremität (Rollstuhlfahrer) oder der kontralateralen oberen Extremität.

Operative Therapie

Bei zunehmend hohem Funktionsanspruch einer auch in fortgeschrittenem Alter sportlich aktiven Gesellschaft rückt mehr und mehr das operative Vorgehen in den Mittelpunkt der therapeutischen Optionen. Neben den im folgenden zu besprechenden Einflußfaktoren hinsichtlich der Auswahl des geeigneten Operationsverfahrens spielt auch der Operationszeitpunkt eine nicht zu vernachlässigende Rolle. So zeigen sich bei der traumatischen RM-Ruptur die besten postoperativen Ergebnisse bei Ver-

sorgung innerhalb der ersten beiden Wochen [6], die Anamnesedauer sollte 6 Monate nicht überschreiten [10]. Insbesondere Patienten mit Subskapularisruptur sollten frühstmöglich operativ versorgt werden, da sich mit zunehmender Anamnesedauer die Resultate deutlich verschlechtern [24].

Unabdingbare Voraussetzung einer jeden RM-Rekonstruktion ist jedoch eine passiv freie Beweglichkeit, die präoperativ durch krankengymnastische Behandlungen hergestellt werden muss.

Ebenso verbietet sich der operative Eingriff in der akuten Schmerzphase, da dadurch nur eine Arthrofibrose provoziert würde.

Um ein optimales Operationsergebnis zu erreichen, muß präoperativ eine pathologiekonforme Therapieplanung durchgeführt werden. Diese beinhaltet die anamnestiche Abklärung des Funktionsanspruches des Patienten und seiner Motivation auch im Hinblick auf die langwierige intensive postoperative Physiotherapie, die klinische sowie bildgebende apparative Diagnostik und nicht zuletzt die diagnostische Arthroskopie als ein operativ vorgeschaltetes Instrument. Die operative Freilegung mit der Feststellung, dass Inoperabilität besteht, sollte unbedingt vermieden werden.

Hinsichtlich der Größe der RM-Ruptur und der operativen Prognose besitzen folgende Zeichen eine negativ prädiktive Bedeutung:

- ▶ Kraftverlust bei Abduktion [46], und Außenrotation des Arms [26],
- ▶ Atrophie der Supra- und Infraspinatussehne [86],
- ▶ vordere Schulterluxation bei Abduktion (Subskapularisbeteiligung) [35],
- ▶ vorbestehende spontane LBS-Ruptur als Zeichen fortgeschrittener degenerativer Veränderungen,
- ▶ Einschränkung der passiven Gelenkbeweglichkeit [32].

Radiologisch korreliert das Operationsergebnis mit dem präoperativ gemessenen acromio-humeralen Abstand (AHA) [14, 26, 86]. Beträgt der Abstand 7 mm und mehr, kann ein günstiges operatives Ergebnis erwartet werden. Bei einem Abstand zwischen 5 und 7 mm muß man einen schwierigen Verschluss der Ruptur erwarten. Darunter

Tabelle 7

Praoperative Prognosefaktoren

Acromiohumeraler Abstand [14]	Sehnenretraktion	Muskelatrophie [37]
> 7 mm: günstiges operatives Ergebnis	I°: Distale Ruptur > keine Retraktion	I°: Normal appearance
5–7 mm: technisch schwieriger Verschluß	II°: Intermediäre Ruptur > Retraktion HK-Mitte	II°: Intramuscular fat < muscular volume
< 5 mm: inoperabel	III°: Proximale Ruptur > Retraktion bis Glenoid	III°: Intramuscular fat = muscle volume IV°: Intramuscular fat > muscle volume

Tabelle 8

Intraoperative Prognosefaktoren

Rupturgröße [7]	Sehnenqualität	Rupturform [61]	
Grad 1 (< 1 cm)	frisches Hämatom	longitudinal	Typ I
Grad 2 (1–3 cm)	Hypertropher Rand	transversal	Typ II
Grad 3 (3–5 cm)	fragil zottiger Rand	triangelförmig	Typ III
Grad 4 (> 5 cm)	Intratendinöse Ruptur gelenks ausgedünnt atroph induriert starr weiche Konsistenz	Humeruskopf-Glatze	Typ IV

ist kein kompletter Defektverschluss mehr möglich. Weitere präoperativ faßbare wichtige Faktoren hinsichtlich einer pathologiekonformen Therapieplanung sind die kernspintomographisch sichtbare Sehnenretraktion sowie die RM-Muskelatrophie [37] (Tabelle 7, Abb. 2–4).



Abb. 2 ▲ MRI einer Supraspinatussehnenruptur mit Retraktionsgrad I–II nach Goutallier

Weiterhin zu beurteilende Parameter sind die sich intraoperativ zeigende Rupturgröße, die Rupturform, sowie die Sehnenqualität (Tabelle 8). Zur Beurteilung der Therapieform spielt die Defektgröße wohl die wichtigste Rolle [32, 52, 89], wobei hier insbesondere die Lokalisation hinsichtlich der Sehnenbeteiligung von entscheidender Bedeutung ist [52]. Wir teilen die Rotatorenmanschette hierzu in 3 Sektoren ein. Zone A betrifft die Subskapularissehne, Zone B den Supra- und Zone C die Infraspinatussehne. Zwischen Zone A und B befindet sich das Rotatorenintervall (Abb. 5). Hinsichtlich der Lokalisation hat die isolierte Supraspinatussehnenruptur die günstigste Prognose [79], am ungünstigsten und auch operativ am schwierigsten zu verschließen ist die Ruptur aller 3 Sehnen.

Operative Verfahren**Arthroskopie**

Da die Arthroskopie in ihrer Aussagekraft hinsichtlich Defektgröße, -lokalisierung sowie hinsichtlich der Bestimmung des Retraktionsgrades und der Sehnenqualität allen bildgebenden Verfahren überlegen ist und die Möglichkeit bietet, begleitende intraartikuläre Schäden zu diagnostizieren [70], ist sie im Rahmen der operativen Versorgung der Rotatorenmanschettenruptur als ein sine qua non für die korrekte Operationsplanung anzusehen.

Jedoch nicht nur diagnostisch, sondern vielmehr auch therapeutisch kann

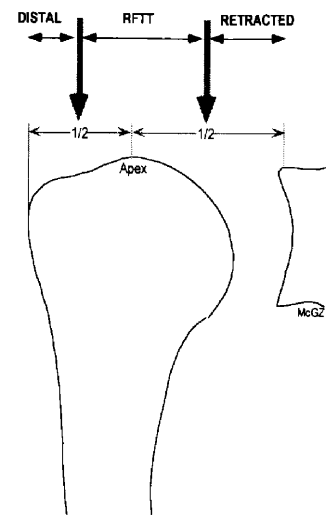


Abb. 3 ▲ Einteilung der Retraktion nach Rotatorenmanschettenruptur [58]

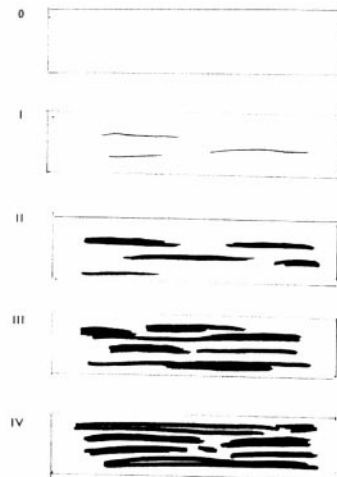


Abb. 4 ▲ Einteilung der Muskelverfettung der RM [37], s. auch Tabelle 8 im Text

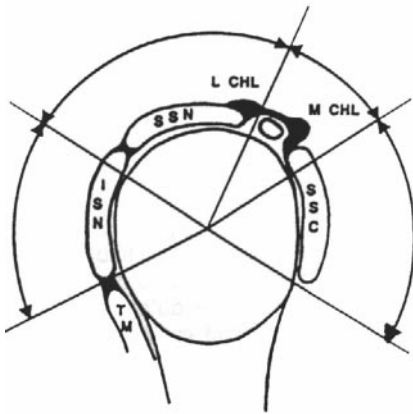


Abb. 5 ▲ Zoneneinteilung der Rotatorenmanchette

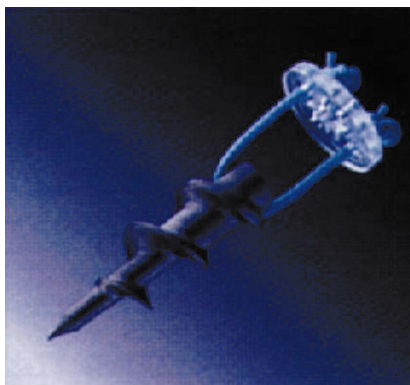


Abb. 6 ▲ Parachute-RM-Nahtanker

ein nicht unerhebliches Spektrum der RM-Pathologie arthroskopisch versorgt werden.

Arthroskopisch subakromiale Dekompression

Die Indikation zur „einfachen“ arthroskopisch subakromialen Dekompression (ASD) liegt vor:

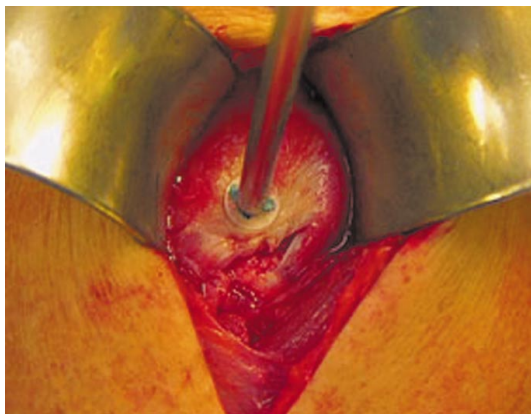


Abb. 7 ◀ Offene RM-Rekonstruktion mit Parachute-Nahtanker

- ▶ Patientenbedingt, bei Inaktivität, Therapierefraktivität und persistierender Schmerzsymptomatik.
- ▶ Rupturbedingt, bei der in ihrer Kontinuität erhaltenen akromialseitigen Partialruptur Typ Ellman 1 sowie bei der gelenkseitigen Partialruptur Typ 1 und 2 beim älteren Patienten. Eine Sonderform stellt die sog. „functional tear“ nach Burghart dar, bei der trotz kompletter Ruptur aufgrund biomechanischer Faktoren eine Funktionalität des Cuffs mit Humeruskopfzentrierung gewährleistet ist [16].
- ▶ Operationsbedingt, wenn aufgrund eines zu geringen akromiohumeralen Abstands ein wasserdichter Verschluss der RM technisch unmöglich ist [26].

Man muss sich bei dieser Art der Operation jedoch immer vor Augen führen, dass der Akromionsporn zwar Schmerzursache, die RM und die Bursa jedoch die Schmerzorgane sind [15]. Je größer der Sehnendefekt, der Kraft- und Funktionsanspruch des Patienten ist, um so schlechter wird das subjektive funktionelle Resultat der ASD ausfallen. Liegt neben der akromialen Stenosierung auch eine Passagebehinderung vor, die durch eine klinisch latente ACG-Arthrose oder Klavikulasporn verursacht wird, so erfolgt in gleicher Sitzung die arthroskopische laterale Klavikularesektion (ACR) im Sinne eines Mumford-Procedure.

„Umgekehrte“ arthroskopische subakromiale Dekompression

Liegt eine massive irreperable RM-Ruptur vor mit deutlicher Retraktion und Humeruskopfhochstand und ohne Zei-

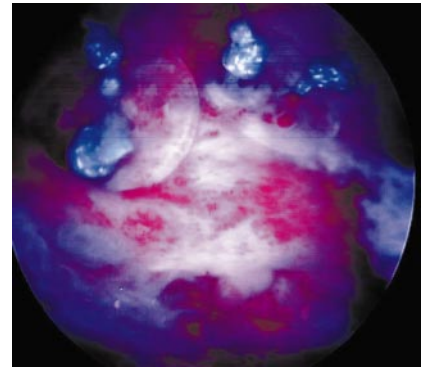


Abb. 8 ▲ Zustand nach arthroskopischer RM-Rekonstruktion mit Parachute-Nahtanker

chen der glenohumeralen Arthrose, so kann beim älteren Patienten ohne erhöhte Ansprüche auf Funktionalität und zur Verkürzung der Rehabilitationszeit die von Ellman erstmals beschriebene rein schmerzorientierte arthroskopische Tuberkuloplastik („umgekehrte“ ASD) im Verbund mit Weichteildébridement und einer LBS-Tenotomie [58, 88] durchgeführt werden [30].

Arthroskopische RM-Rekonstruktion und „mini-open-repair“

Die arthroskopische RM-Rekonstruktion stellt z. Z. die modernste Technik der Rekonstruktionsverfahren dar. Hier kam es insbesondere in den letzten 5 Jahren zu einer schnellen Weiterentwicklung der Operationstechniken. Die arthroskopische Naht wird, obligat in Kombination mit einer ASD, durchgeführt bei Supraspinatussehnenrupturen < 3 cm und articulärseitigen Partialrupturen > 50 % (Ellman 2° und 3°). Voraussetzung ist ein ausreichend großer AHA > 7 mm, sowie ein maximaler Retraktionsgrad I°.

Bei gleichen Voraussetzungen ist auch die von Levy erstmals beschriebene Mini-open-Technik angezeigt [62]. Hierbei wird vorgängig die arthroskopische Dekompression durchgeführt und anschließend die RM durch eine kleine Inzision versorgt. Der Unterschied zu konventionellen offenen Techniken besteht darin, dass der M. deltoideus nicht an seinem Ursprung am Akromion abgetrennt werden muß und somit keine Gefahr einer δ -Insuffizienz besteht. Während vergleichende Studien eine Überlegenheit des sog. „mini-open-repair“ gegenüber der offenen Rekon-

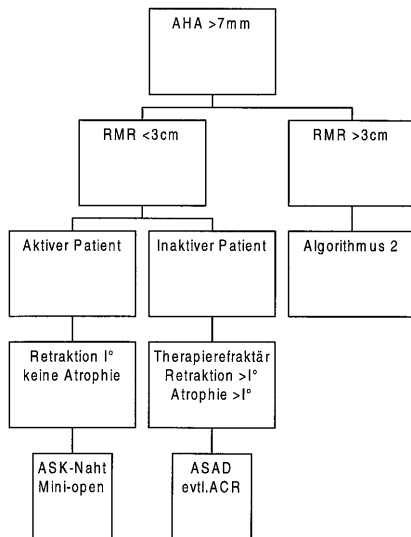


Abb. 9 ▲ Algorithmus 1

struktion bei kleinen Rupturen < 3 cm zeigen, [4, 62, 63] stehen ähnliche Resultate hinsichtlich eines Vergleichs gegenüber der arthroskopischen Nahttechnik noch aus. Erste Ergebnisse eigener prospektiver Studien zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen der arthroskopischen und der Mini-open-repair-Technik [40].

Die alleinige subakromiale Dekompression bei artikularseitigen Partialrupturen (> Ellman II), sowie kompletten Rupturen kann in Ihren Resultaten nicht überzeugen [31].

Als neueste Entwicklung der arthroskopischen RM-Naht wurde das als „Parachute“ bezeichnete Nahtankersystem eingeführt (Abb. 6). Es bietet die Möglichkeit einer suffizienten Fixierung der rupturierten Sehnenteile ohne die technisch schwierige Durchführung arthroskopischer Knotentechniken mittels einer bioresorbierbaren Polylactat-scheibe, die, über Haltefäden mit der Schraube verbunden, die Sehne durch hohen Druck mit dem Knochen verbindet (Abb. 7, 8), s. hierzu auch Algorithmus 1 (Abb. 9).

Offene Rekonstruktion

Lassen Rupturgröße, Sehnenretraktion und Muskelatrophie bei reparablen Rupturen eine arthroskopische Naht nicht zu, so stehen verschiedenste Möglichkeiten der offenen Sehnenrekonstruktion zur Verfügung. Man differenziert die anatomische Rekonstruktion,

die plastisch-chirurgischen Rekonstruktionen, die partiellen Rekonstruktionen und Ersatzverfahren.

Anatomische Rekonstruktionen. Ist der arthroskopische bzw. arthroskopisch assistierte Verschluss technisch nicht möglich, so läßt sich bei AHA > 7 mm eine anatomische Sehnenrekonstruktion bei fast jeder Rupturform durchführen. Limitierender Faktor ist auch hier der Retraktionsgrad sowie die Muskelatrophie. Hierbei beginnt jede Rekonstruktion mit der offenen Akromioplastik nach Neer [72, 73], um ein bestehendes Outlet-Impingement zu beheben.

Entscheidend zur spannungsfreien Insertion der Sehne ist die ausgiebige Mobilisation des Cuffs mittels Adhäsio-lyse, sowie basisnaher Durchtrennung des Lig. coracohumerale am Korakoid und juxtaglenoidaler Kapsulotomie [94].

Zur Insertion wird primär, ausgehend davon, daß die Sehnenheilung vom knöchernen Bett ausgeht [64], eine Knochennut angelegt. Es folgt die Reposition der Sehne mit spannungsfreiem [17] Verschluss in transossärer Technik oder mit sog. Fadenankersystemen (Abb. 10).

Während noch vor einigen Jahren die transossäre Naht nach Mason/Allen als die am belastungsstabilste angesehen wurde, konnte durch die Entwicklung sog. Fadenankersysteme ein weiterer Fortschritt erzielt werden [5, 47]. Unter Beachtung des sog. „dead man angle“ von 45° werden je 1 Fadenanker pro cm Rupturlänge in dem knöchernen Bett platziert und die Sehne in modifi-

zierter Mason/Allen-Nahttechnik [66] hier fixiert, welche sich in mechanischen Messungen hinsichtlich Reißfestigkeit und Stabilität als äußerst zuverlässig erwiesen hat (Abb. 11a–c).

Bei älteren Massenrupturen, Retraktionsgrad II–III, sowie deutlicher Muskelatrophie kombiniert mit verringertem akromiohumeralem Abstand lässt sich ein anatomischer spannungsfreier Verschluss nicht mehr gewährleisten. Hier droht die Reruptur oder als Komplikation eine Sehnenrandnekrose.

Wichtig erscheint uns hier am Anschluss an die RM-Rekonstruktion die Refixierung des Lig. coracoacromiale an das Akromion zur Wiederherstellung des Fornix humeri, um eine superior-anteriore Migration des Humeruskopfes zu vermeiden.

Plastisch-chirurgische Rekonstruktionen. Mit Verschiebe-Schwenk-Plastiken lassen sich große RM-Defekte durch Transposition benachbarter Sehnen überbrücken.

Für die Supraspinatussehne wurden hier die Techniken nach Cofield mit gestieltem Transfer des Subskapularis [22], sowie nach Neviaser mit Infraspinatustransfer [75], beschrieben. Die so provozierte Imbalance zwischen Innen- und Außenrotatoren führt jedoch einerseits zu Kraftverlust der Rotation und andererseits zu einer Schwächung der Zentralisierung des Humeruskopfes mit der Gefahr einer superioren Migration, so dass diese Verfahren nur noch in Ausnahmefällen zur Anwendung gebracht werden.

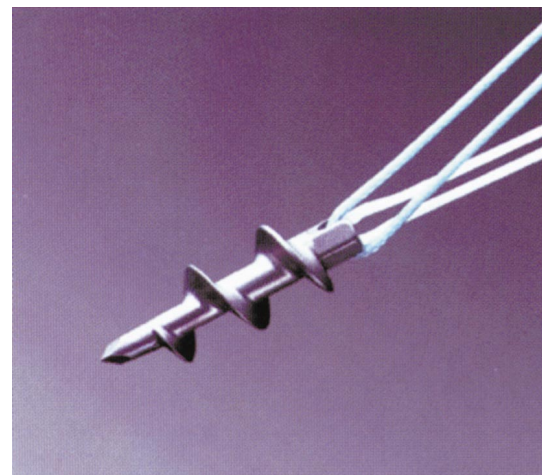


Abb. 10 ► Corkscrew-Fadenanker zur RM-Rekonstruktion

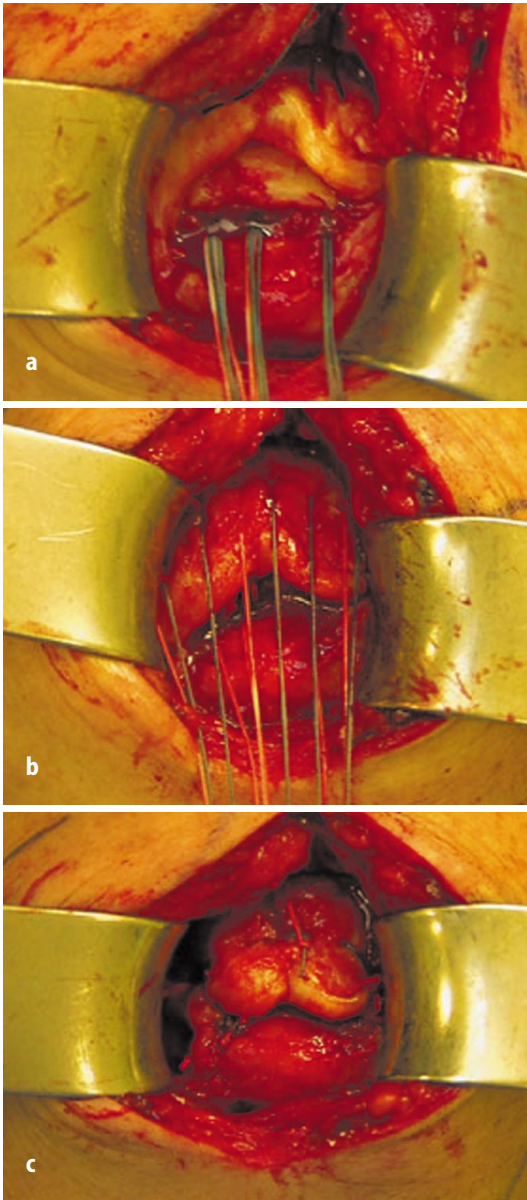


Abb. 11 ◀ a RM-Ruptur mit eingebrachtem Corkscrew-Nahtanker. b Anlage der Mason/Allen-Naht. c Verschluss des Rotatorenmanschettendefekts

Partialrekonstruktion. Alternativ zum Muskel- oder Sehnentransfer bieten sich die Partialrekonstruktionen nach McLaughlin [68] oder Burkhart [18] an.

McLaughlin beschreibt die kraniale Rekonstruktion mit medialisierter Refixation, um auch bei großer Defektstrecke und fehlender Möglichkeit der RM-Mobilisierung eine spannungsfreie Naht zu gewährleisten. Das Sehnenende wird dabei weiter medial als üblich im Bereich der knorpeligen Gelenkfläche des Humeruskopfes fixiert. Die Rekonstruktion gelingt, wenn auch unter Inkaufnahme einer Verkürzung des refixierten Sehnenanteils.

Burkhart geht dahingegen von der Hypothese aus, dass durch den alleini-

gen äquatorialen Verschluss der Sehnen die komplette in eine „funktionelle“ Ruptur umgewandelt werden kann. Diese biomechanisch intakte, wenn auch anatomisch defiziente Rotatorenmanschette ist gekennzeichnet durch: 1. Balance der Innen- und Außenrotatoren (balanced force couples), 2. Stabile Drehmechanismen (stable fulcrum), 3. intakte Kraftübertragung („suspension bridge“), 4. kleinstmögliche Restdefektfläche, 5. stabile Rupturränder.

Problematisch erscheint hierbei, dass ein deutlicher Defekt bestehen bleibt mit der Möglichkeit einer erneuten Defektausdehnung sowie mit weiterhin permanentem Austritt von Gelenkflüssigkeit in den Subakromialraum.

Ersatzverfahren. Bei kombinierten großen Defekten der Infra- und Supraspinatussehne mit der Folge einer nicht kompensierbaren Außenrotations- und Abduktionsschwäche steht beim jüngeren Patienten der Latissimus-dorsi-Transfer als aufwendiges und technisch anspruchsvolles Reserveverfahren zur Verfügung [33, 34], welches eine gute Wiederherstellung der Außenrotationskraft und der Humeruskopfzentrierung vermag.

Beim Verfahren nach L’Episcopo mit gleichzeitigem Transfer von Latissimus und Teres major wird bewusst auf den kraniellen Verschluss der RM verzichtet und dafür auf die Wiederherstellung der Balance zwischen Innen- und Außenrotatoren Wert gelegt [9].

Bei irreparabler Subscapularisruptur im Zusammenhang mit anteriorer Luxation ist der von Rockwood [92] beschriebene Pektoralissehnentransfer zur Verhinderung ständig rezidivierender Luxationsneigung indiziert.

Als Übersicht der genannten Verfahren steht Algorithmus 2 zur Verfügung (Abb. 12).

Die nicht rekonstruierbare Rotatorenmanschettenruptur

Muskelschwenklappen. Bei Retraktionsgrad III, massiver Muskelatrophie von SSP/ISP und AHA > 5 mm sind auch komplexe Sehnenrekonstruktionen nicht mehr durchführbar. In diesem Fall stehen 3 Behandlungsalternativen zur Verfügung:

Die schmerzorientierte oben beschriebene „reversed ASD“ beim älteren, inaktiven Patienten, die funktionsorientierte Deltoideuslappenplastik nach Apoil und Augerau [2] und bei im Vordergrund stehendem Außenrotationsverlust das Verfahren nach L’Episcopo [9].

Bei der Deltoideuslappenplastik handelt es sich primär um eine Ersatzoperation, insbesondere für den jüngeren Patienten unter 60 Jahren, dem eine drohende Defektarthropathie [74] nicht zugemutet werden kann. Das Operationsprinzip besteht darin, daß der konventionell nicht zu verschließende RM-Defekt durch einen Muskellappen aus dem M. deltoideus überbrückt wird. Durch Vernähung des δ -Flaps mit den mobilisierten Rändern der Rotatorenmanschette kommt es zu einer dynamischen

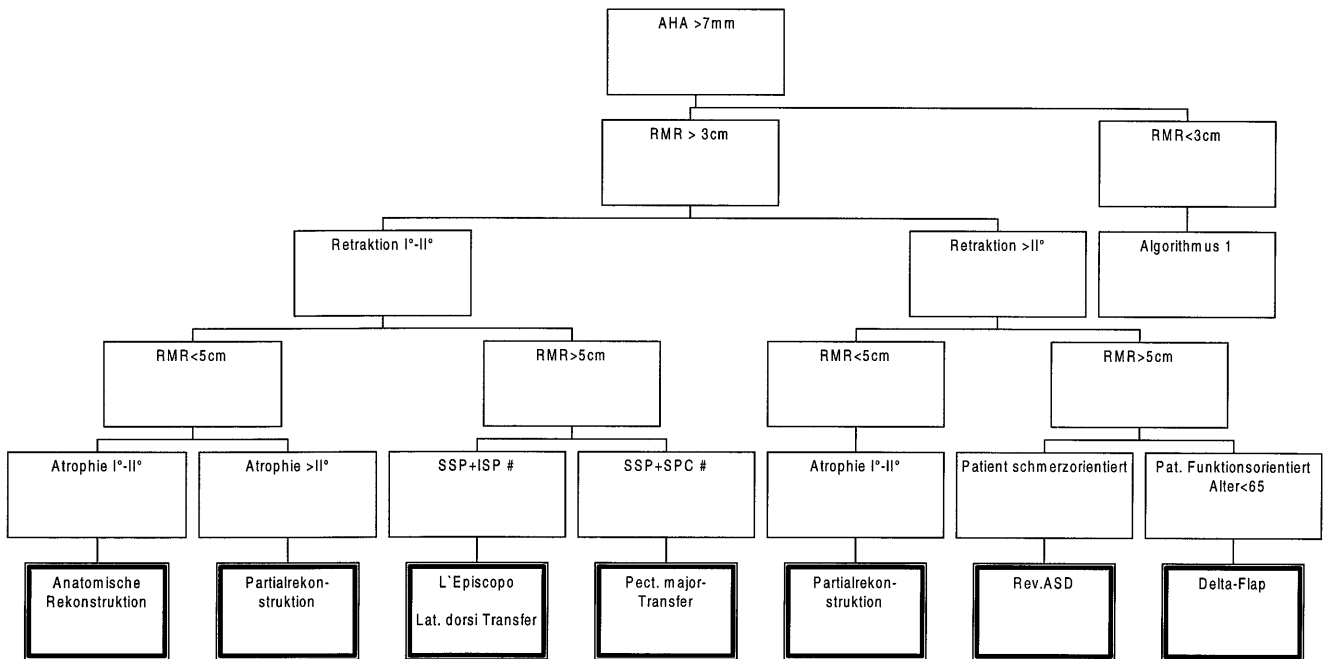


Abb. 12 ▲ Algorithmus 2

schen Polsterung des Kopfdefekts sowie zu einem Verschluss der glenohumeralen Gelenkkapsel. Die Verbindung des δ -Flaps mit den Defekt-Rändern der RM bewirkt eine statische Depressorwirkung auf den Humeruskopf, wodurch ein weiteres Höherentreten verhindert wird [39].

Mittelfristige Ergebnisse zeigen, daß es sich bei ausgezeichneten Resultaten hinsichtlich Kraft- und Funktions-

zuwachs, sowie Schmerzreduktion um mehr als eine Ersatzoperation handelt [82, 84]. Siehe hierzu auch Algorithmus 3 (Abb. 13).

Rotatorenintervall und LBS

Als Vorläufer von Supraspinatussehnenrupturen zeigen sich oftmals sog. Intervallläsionen. Das Rotatorenintervall liegt zwischen Ober- und Unter-

skapularis sowie medialem Rand der Supraspinatussehne, unter Einbeziehung der Lig. coracohumeralis sowie glenohumeralis superior, die sich als Stabilisatoren ringförmig um die Bizepssehne schlingen und so die wichtigste Funktion als Führungs- und Sicherungsorgan der langen Bizepssehne vor ihrem Eintritt in den knöchernen Sulcus erfüllen.

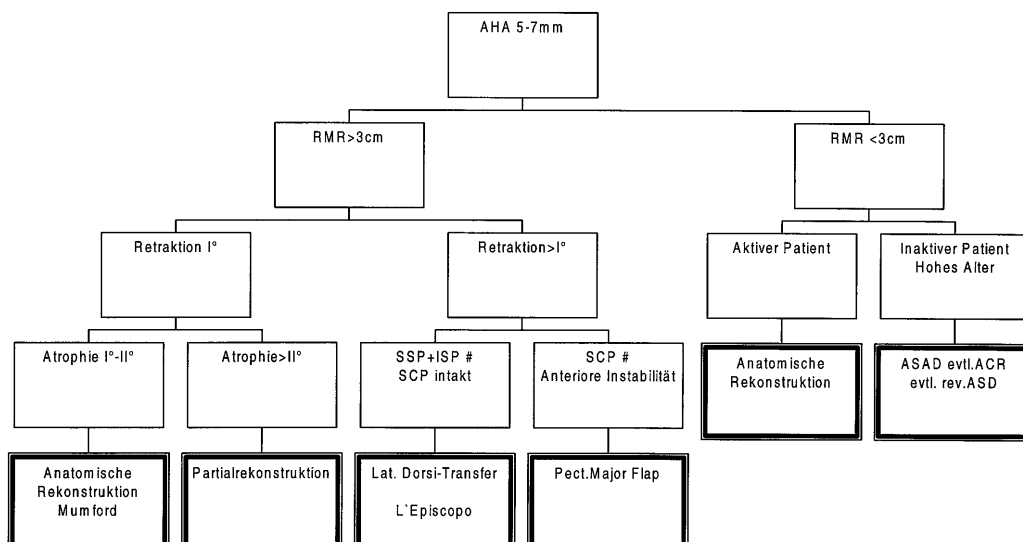


Abb. 13 ▲ Algorithmus 3

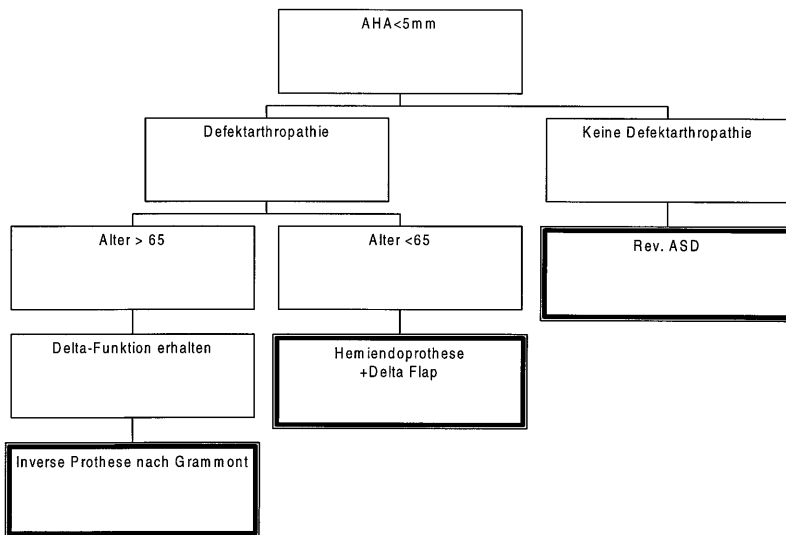


Abb. 14 ▲ **Algorithmus 4**

Tabelle 9

Klinische Zeichen der Intervallruptur

- ▶ Positiver Yergason-Test
- ▶ Positiver Palm up-Test
- ▶ Positiver O'Brian-Test

Aufgrund Ihrer exponierten Lage zwischen Subskapularis und Supraspinatus kommt es durch divergierende Zug- und Spannungsbelastungen zu Einrissen der Intervallschlinge. Durch die mechanische Beanspruchung bei Rotation entstehen so Strukturverletzungen der tendoligamentären Intervallschlinge. Es kommt zu Läsionen der Lig. coracohumerale und Lig. glenohumerale superius, begleitet von einem gelenkseitigem Einriss der Supraspinatussehne am Eingang zur Intervallschlinge. Daraus resultiert eine Subluxation der langen Bizepssehne nach medial. Folge ist die Tenosynovitis und zunehmende Substanzschädigung bis hin zur Ruptur der LBS [42, 88].

Nach Ikeda werden 2 Typen der Intervallläsion unterschieden [54, 55, 77]. Die kontrakte Form mit extrakapsulären entzündlichen Veränderungen des älteren Patienten sowie die instabile Form mit intrakapsulären entzündlichen Veränderungen des jungen Patienten im Zusammenhang mit einer Instabilität und Hyperlaxität der Schulter.

Ursache der Intervallläsion ist häufig auch ein Trauma mit forciertem Innenrotation, insbesondere beim „Überkopf-Sportler“ [60].

Diagnostisch findet man klinisch bei zumeist normaler ROM einen positiven Impingement Test nach Hawkins sowie einen positiven Palm-up- und O'Brian Test, kernspintomographisch einen Kontrastmittelaustritt in die Fossa subscapularis. Ultrasonographisch läßt sich die RI-Läsion nur schwer visualisieren, als indirektes Zeichen ist in dynamischer Untersuchungstechnik ein Subluxieren der langen Bizepssehne zu erkennen, sowie die Verbreiterung der Sehne mit umgebendem „Halo-Phänomen“ (Tabelle 9).

Prothetische Verfahren

Die Defektarthropathie nach schon eingetretenem Humeruskopfhochstand bei RM-Ruptur unterteilen wir nach Favaud in 3 Stadien [28], wobei ätiologisch sowohl die von Neer postulierte arthrotische Veränderung durch fixierten Humeruskopfhochstand bei RM-Massenruptur [74] als auch die von Dieppe beschriebenen biochemischen Veränderungen innerhalb der Synovialflüssigkeit [20] eine Rolle spielen. Hier besteht bei nicht zu beherrschender Schmerzsymptomatik in Kombination mit irreparabler RM-Ruptur und arthrotischen Veränderungen der glenohumeralen Gelenkfläche die Indikation zum prothetischen Ersatz des Humeruskopfes

[1], evtl. in Kombination mit der Durchführung eines δ -Lappens zur statischen Depression wie oben beschrieben. Die Implantation einer Glenoidkomponente verbietet sich bei inhärenter ektopischer Belastung [29], da durch die hier auftretenden pathologischen Scherkräfte nur eine Lockerung der Glenoidkomponente provoziert würde („Rockinghorse-Phänomen“).

Alternativ besteht die Möglichkeit der Implantation einer inversen Schultertotalprothese nach Grammont. Das Konzept basiert auf der inversen Platzierung von Glenosphäre und Pfanne. Die humerale Pfanne artikuliert mit dem sphärischen Glenoidersatz. Das Drehzentrum wird medialisiert, der proximale Humerus lateralisiert und kaudalisiert. Der M. deltoideus gewinnt so seine ursprüngliche Länge zurück und die Funktion in Flexion und Abduktion verbessert sich [8, 38]. Die inverse Schultertotalprothese ist für den älteren Patienten über 70 Jahre reserviert, da in diesem Altersabschnitt die funktionellen Ansprüche limitiert sind, und somit die mechanische Belastbarkeit der Prothese nicht überfordert wird.

Diese Therapiemöglichkeiten können Algorithmus 4 entnommen werden (Abb. 14).

Literatur

1. Arntz CT, Jackins S, Matsen FA d (1993) **Prosthetic replacement of the shoulder for the treatment of defects in the rotator cuff and the surface of the glenohumeral joint [published erratum appears. J Bone Joint Surg Am 75: 485–491]**
2. Augereau B (1991) **Rekonstruktion massiver Rotatorenmanschettenrupturen mit Deltoïd-Lappen.** Orthopäde 20: 315–319
3. Bachmann GF, Melzer C, Heinrichs CM, Mohring B, Rominger MB (1997) **Diagnosis of rotator cuff lesions: comparison of US and MRI on 38 joint specimens.** Eur Radiol 7: 192–197
4. Baker CL, Liu SH (1995) **Comparison of open and arthroscopically assisted rotator cuff repairs.** Am J Sports Med 23: 99–104
5. Barber FA, Click JN (1997) **Internal fixation strength of suture anchors. Update 1997.** Arthroscopy 13: 355–362
6. Bassett RW, Cofield RH (1983) **Acute tears of the rotator cuff. The timing of surgical repair.** Clin Orthop 18–24
7. Bateman JE (1963) **The diagnosis and treatment of ruptures of the rotator cuff.** Surg Clin North Am 43

8. Baulot E, Chabernaud D, Grammont PM (1995) **Results of Grammont's inverted prosthesis in omarthritis associated with major cuff destruction. Apropos of 16 cases.** Acta Orthop Belg 61: 112–119
9. Beauchamp MBD, Barnhill TA, Mackay M, Richards RR (1998) **Functional outcome after the L'Episcopo procedure.** J Shoulder Elbow Surg: 90–96
10. Bigliani LU, Cordasco FA, McIlveen SJ, Musso ES (1992) **Operative treatment of failed repairs of the rotator cuff.** J Bone Joint Surg Am 74: 1505–1515
11. Bjorkenheim JM, Paavolainen P, Ahovuo J, Slatitis P (1988) **Surgical repair of the rotator cuff and surrounding tissues. Factors influencing the results.** Clin Orthop 148–153
12. Blanchard TK, Bearcroft PW, Constant CR, Griffin DR, Dixon AK (1999) **Diagnostic and therapeutic impact of MRI and arthrography in the investigation of full-thickness rotator cuff tears.** Eur Radiol 9: 638–642
13. Bokor DJ, Hawkins RJ, Huckell GH, Angelo RL, Schickendantz MS (1993) **Results of nonoperative management of full-thickness tears of the rotator cuff.** Clin Orthop 103–10
14. Bonnin M (1993) **La radiographie simple dans le ruptures de coiffe.** J Lyon l' Epaule 4: 14–20
15. Budoff JE, Nirschl RP, Guidi EJ (1998) **Debridement of partial-thickness tears of the rotator cuff without acromioplasty. Long-term follow-up and review of the literature.** J Bone Joint Surg Am 80: 733–48
16. Burkhart SS, Esch JC, Jolson RS (1993) **The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge".** Arthroscopy 9: 611–616
17. Burkhart SS, Johnson TC, Wirth MA, Athanasiou KA (1997) **Cyclic loading of transosseous rotator cuff repairs: tension overload as a possible cause of failure.** Arthroscopy 13: 172–176
18. Burkhart SS, Nottage WM, Ogilvie-Harris DJ, Kohn HS, Pachelli A (1994) **Partial repair of irreparable rotator cuff tears.** Arthroscopy 10: 363–370
19. Campbell CC, Koris MJ (1996) **Etiologies of shoulder pain in cervical spinal cord injury.** Clin Orthop 140–145
20. Campion GV, McCrae F, Alwan W, Watt I, Bradford J, Dieppe PA (1988) **Idiopathic destructive arthritis of the shoulder.** Sem Arthr Rheum 17: 232–245
21. Codfield R (1993) **Physical examination of the shoulder: effectiveness in assessing shoulder stability.** In: Matsen FA III, Fu FH, Hawkins RJ (eds) The shoulder: a balance of mobility and stability, pp 331–343
22. Cofield RH (1982) **Subscapular muscle transposition for repair of chronic rotator cuff tears.** Surg Gynecol Obstet 154: 667–672
23. Cofield RH (1985) **Rotator cuff disease of the shoulder.** J Bone Joint Surg Am 67: 974–979
24. Deutsch A, Altchek DW, Veltri DM, Potter HG, Warren RF (1997) **Traumatic tears of the subscapularis tendon. Clinical diagnosis, magnetic resonance imaging findings, and operative treatment.** Am J Sports Med 25: 13–22
25. Edelson JG (1995) **Patterns of degenerative change in the glenohumeral joint.** J Bone Joint Surg Br 77: 288–292
26. Ellman H, Hanks G, Bayer M (1986) **Repair of the rotator cuff. End-result study of factors influencing reconstruction.** J Bone Joint Surg Am 68: 1136–1144
27. Evancho AM, Stiles RG, Fajman WA, Flower SP, Macha T, Brunner MC, Fleming L (1988) **MR imaging diagnosis of rotator cuff tears.** Am J Roentgenol 151: 751–754
28. Favard LLS, Clement P (1999) **Osteoarthritis with massive rotator cuff-tear: The limitation of its current definitions.** In: Walch G, Boileau P (eds) Shoulder arthroplasty. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 261–265
29. Franklin JL, Barrett WP, Jackins SE, Matsen FA d (1988) **Glenoid loosening in total shoulder arthroplasty. Association with rotator cuff deficiency.** J Arthroplasty 3: 39–46
30. Frieman BG, Albert TJ, Fenlin JM Jr. (1994) **Rotator cuff disease: a review of diagnosis, pathophysiology, and current trends in treatment.** Arch Phys Med Rehabil 75: 604–609
31. Gartsman GM (1995) **Arthroscopic treatment of rotator cuff disease.** J Shoulder Elbow Surg 4: 228–241
32. Gazielly DF, Gleyze P, Montagnon C (1994) **Functional and anatomical results after rotator cuff repair.** Clin Orthop 43–53
33. Gerber C (1992) **Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable tears of the rotator cuff.** Clin Orthop 152–60
34. Gerber C, Vinh TS, Hertel R, Hess CW (1988) **Latissimus dorsi transfer for the treatment of massive tears of the rotator cuff. A preliminary report.** Clin Orthop 51–61
35. Gerber CHO, Farron A (1996) **Isolated rupture of the subscapularis tendon.** J Bone Joint Surg Am 78: 1015–1023
36. Gerber CKR (1991) **Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle. Clinical features in 16 cases.** J. Bone Joint Surg Br 73: 389–394
37. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1994) **Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan.** Clin Orthop 78–83
38. Grammont PM, Baulot E (1993) **Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture.** Orthopedics 16: 65–68
39. Habermeyer P (1995) **Operative offene Therapie der Rotatorenmannschette.** Orthopäde 24: 512–28
40. Habermeyer P, Lehmann L, Engel G (1999) **How I do repair a full thickness rotator cuff tear by arthroscopy.** ESSSE Specialty day-EFORT Congress, Brussels-June 6
41. Habermeyer P, Rapaport D, Wiedemann E, Wilhelm K (1990) **Incisura scapulae syndrome.** Handchir Mikrochir Plast Chir 22: 120–124
42. Habermeyer P, Walch G (1996) **The biceps tendon and rotator cuff disease.** In: Burkhart WZ Jr (ed) Rotator cuff disorders. Williams & Wilkins, Baltimore, pp 142–160
43. Hasan SAT, Wright RW, Patel M, Yamaguchi K (1998) **High resolution sonographie for the detection of RCT: a retrospective analysis of 90 consecutive scans copared to operative findings.** ASES 14 th open meeting New Orleans
44. Hattrup SJ (1995) **Rotator cuff repair: relevance of patient age.** J Shoulder Elbow Surg 4: 95–100
45. Hawkins RJ, Kennedy JC (1980) **Impingement syndrome in athletes.** Am J Sports Med 8: 151–158
46. Hawkins RJ, Misamore GW, Hobeika PE (1985) **Surgery for full-thickness rotator-cuff tears.** J Bone Joint Surg Am 67: 1349–1355
47. Hecker AT, Shea M, Hayhurst JO, Myers ER, Meeks LW, Hayes WC (1993) **Pull-out strength of suture anchors for rotator cuff and Bankart lesion repairs.** Am J Sports Med 21: 874–879
48. Hedtmann A, Fett H (1995) **Ultraschalluntersuchung der Schulter.** In: Habermeyer, Schweiberer (Hrsg) Schulterchirurgie, 2. Aufl., Urban & Schwarzenberg, S 131–149
49. Hedtmann A, Fett H (1995) **Ultraschalluntersuchung der Schulter bei Erkrankungen des Subacromialraumes und der Rotatorenmannschette.** Orthopaede 24: 498–508
50. Hertel R, Ballmer FT, Lombert SM, Gerber C (1996) **Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture.** J Shoulder Elbow Surg 5: 307–313
51. Huber DJ, Koch E (1995) **Magnetresonanztomographie bei Erkrankungen der Rotatorenmannschette.** Orthopaede 24: 491–497
52. Iannotti JP, Bernot MP, Kuhlman JR, Kelley MJ, Williams GR (1996) **Postoperative assessment of shoulder function: a prospective study of full-thickness rotator cuff tears.** J Shoulder Elbow Surg 5: 449–457
53. Iannotti JP, Zlatkin MB, Esterhai JL, Kressel HY, Dalinka MK, Spindler KP (1991) **Magnetic resonance imaging of the shoulder. Sensitivity, specificity, and predictive value.** J Bone Joint Surg Am 73: 17–29
54. Ikeda H (1986) **„Rotator interval“ lesion. Part 1: Clinical study.** Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi 60: 1261–1273
55. Ikeda H (1986) **„Rotator interval“ lesion. Part 2: Biomechanical study.** Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi 60: 1275–1281
56. Itoi E, Tabata S (1992) **Conservative treatment of rotator cuff tears.** Clin Orthop 165–173
57. Kaneko K, De Mouy EH, Brunet ME (1995) **Massive rotator cuff tears. Screening by routine radiographs.** Clin Imag 19: 8–11
58. Kempf JF, Gleyze P, Bonnet F, Walch G, Mole D, Frank A, Beaufils P, Levigne C, Rio B, Jaffe A (1999) **A multicenter study of 210 rotator cuff tears treated by arthroscopic acromioplasty.** Arthroscopy 15: 56–66

59. Kneeland JB, Middleton WD, Carrera GF, Zeuge RC, Jesmanowicz A, Froncisz W, Hyde JS (1987) **MR imaging of the shoulder: diagnosis of rotator cuff tears.** *Am J Roentgenol* 149: 333–337
60. Le Huec JC, Schaefferbeke T, Moinard M, Kind M, Diard F, Dehais J, Le Rebeller A (1996) **Traumatic tear of the rotator interval.** *J Shoulder Elbow Surg* 5: 41–46
61. Leffert DR, Rowe CR (1988) **Tendon ruptures.** In: Rowe CR (ed) *The shoulder.* Churchill Livingstone, Philadelphia
62. Levy HJ, Uribe JW, Delaney LG (1990) **Arthroscopic assisted rotator cuff repair: preliminary results.** *Arthroscopy* 6: 55–60
63. Liu SH, Baker CL (1994) **Arthroscopically assisted rotator cuff repair: correlation of functional results with integrity of the cuff.** *Arthroscopy* 10: 54–60
64. Lohr JF, Uhthoff HK (1990) **The microvascular pattern of the supraspinatus tendon.** *Clin Orthop* 35–38
65. Lyons AR, Tomlinson JE (1992) **Clinical diagnosis of tears of the rotator cuff.** *J Bone Joint Surg Br* 74: 414–415
66. Mason ML AH (1941) **The rate of healing of tendon.** *Ann Surg* 113: 429–459
67. Matsen FA III LS, Sidles JA, Harryman DT II (1994) **Practical evaluation and management of the shoulder.** Saunders, Philadelphia, pp 1–242
68. McLaughlin HL (1994) **Lesions of the musculotendinous cuff of the shoulder. The exposure and treatment of tears with retraction.** *Clin Orthop* 3–9
69. Milgrom CSM, Gilbert S, Holsbeeck M van (1995) **Rotator cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender.** *J Bone Joint Surg Br* 77: 296–298
70. Miller C, Savoie FH (1994) **Glenohumeral abnormalities associated with full-thickness tears of the rotator cuff.** *Orthop Rev* 23: 159–162
71. Mudge MK, Wood VE, Frykman GK (1984) **Rotator cuff tears associated with os acromiale.** *J Bone Joint Surg Am* 66: 427–429
72. Neer CS (1972) **Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder.** *J Bone Joint Surg Am* 54: 41–50
73. Neer CS (1983) **Impingement lesions.** *Clin Orthop* 173: 70–77
74. Neer CS d, Craig EV, Fukuda H (1983) **Cuff-tear arthropathy.** *J Bone Joint Surg Am* 65: 1232–1244
75. Neviaser JS (1971) **Ruptures of the rotator cuff of the shoulder. New concepts in the diagnosis and operative treatment of chronic ruptures.** *Arch Surg* 102: 483–485
76. Neviaser RJ, Neviaser TJ, Neviaser JS (1993) **Anterior dislocation of the shoulder and rotator cuff rupture.** *Clin Orthop* 103–106
77. Nobuhara K, Ikeda H (1987) **Rotator interval lesion.** *Clin Orthop* 44–50
78. Noel E (1993) **Les ruptures de la coiffe des rotateurs avec tete humerale centree. Resultats de traitement conservateur.** *J Lyon l'Epaule, Lyon*, pp 283–297
79. Patte D, Goutallier D, Debeyre J (1981) **Ruptures of the rotator cuff. Results and perspectives of the retrostructure.** *Orthopaedie* 10: 206–215
80. Radas C, Pieper H-G, Krahl H, Blank M (1996) **Die Inzidenz der Rotatorenmanschettenruptur – Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Händigkeit und Beruf.** *Aktuel Traumatol* 26: 56–61
81. Rockwood CA, Lyons FR (1993) **Shoulder impingement syndrome: diagnosis, radiographic evaluation, and treatment with a modified Neer acromioplasty.** *J Bone Joint Surg Am* 75: 409–424
82. Schmidt-Wiethoff R, Habermeyer P (1999) **Die Deltoideus-Lappenplastik bei der Massentraktur der Rotatorenmanschette.** *Operat Orthop Traumatol* (im Druck)
83. Seltzer DG KP, Basamania C, Rockwood CA Jr (1996) **Conservative management of rotator cuff tears.** In: Burkhead WZ Jr (ed) *Rotator cuff disorders*, pp 258–267
84. Thur C, Julke M (1995) **The anterolateral deltoid muscle flap-plasty: the procedure of choice in large rotator cuff defects.** *Unfallchirurg* 98: 415–421
85. Ure BM, Tiling T, Kirchner R, Rixen D (1993) **Reliability of clinical examination of the shoulder in comparison with arthroscopy. A prospective study.** *Unfallchirurg* 96: 382–386
86. Walch G (1993) **Synthese sur l'epidemiologie et l'ethiologie des ruptures de la coiffe des rotateurs.** *J Lyon l'Epaule*, pp 256–266
87. Walch G, Boulahia A, Calderone S, Robinson AH (1998) **The "dropping" and "hornblower's" signs in evaluation of rotator-cuff tears.** *J Bone Joint Surg Br* 80: 624–628
88. Walch G, Nove-Josserand L, Boileau P, Levigne C (1998) **Subluxations and dislocations of the tendon of the long head of the biceps.** *J Shoulder Elbow Surg* 7: 100–108
89. Watson M (1985) **Major ruptures of the rotator cuff. The results of surgical repair in 89 patients.** *J Bone Joint Surg Br* 67: 618–624
90. Weiner DS, Macnab I (1970) **Superior migration of the humeral head. A radiological aid in the diagnosis of tears of the rotator cuff.** *J Bone Joint Surg Br* 52: 524–527
91. Wiener SN, Seitz WH Jr (1993) **Sonography of the shoulder in patients with tears of the rotator cuff: accuracy and value for selecting surgical options.** *Am J Roentgenol* 160: 103–110
92. Wirth MA, Rockwood CA Jr (1997) **Operative treatment of irreparable rupture of the subscapularis.** *J Bone Joint Surg Am* 79: 722–731
93. Worland RL, Arredondo J, Angles F, Lopez-Jimenez F (1999) **Repair of massive rotator cuff tears in patients older than 70 years.** *J Shoulder Elbow Surg* 8: 26–30
94. Zuckerman JD, Leblanc JM, Choueka J, Kummer F (1991) **The effect of arm position and capsular release on rotator cuff repair. A biomechanical study.** *J Bone Joint Surg Br* 73: 402–405