

Obere Extremität 2018 · 13:237–245
<https://doi.org/10.1007/s11678-018-0479-8>
 Eingegangen: 22. Mai 2018
 Angenommen: 19. Juli 2018
 Online publiziert: 21. August 2018
 © Der/die Autor(en) 2018



Fabian Plachel^{1,3} · Marvin Minkus¹ · Markus Scheibel^{1,2}

¹ Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité-Universitätsmedizin, Berlin, Deutschland

² Schulthess-Klinik, Zürich, Schweiz

³ Institut für Sehnen- und Knochenregeneration, Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Salzburg, Österreich

Superiore Kapselrekonstruktion: Indikation und klinische Resultate

Läsionen der Rotatorenmanschette (RM) zeigen eine variable Ausprägung in Bezug auf die Pathogenese, Rupturmorphologie und daraus resultierenden funktionellen Einschränkungen. Mit einer Prävalenz von etwa 10–40% aller Rotatorenmanschettenrupturen (RMR) stellt die Massenruptur (mRMR) eine häufige Entität dar [1]. Diese ist definiert als (1) vollschichtige Ruptur mit einem anterosuperioren bzw. mediolateralen Defektausmaß von >5 cm [6] bzw. (2) als Komplettuptur mit Beteiligung von ≥ 2 Sehnen [9].

» Die degenerative posterosuperiore Rotatorenmanschettenruptur stellt eine häufige Rupturmorphologie dar

Am häufigsten beschrieben sind posterosuperiore RMR, welche in der Regel degenerativ bedingt sind und neben der Supraspinatussehne (SSP) den kranialen Anteil der Infraspinatussehne (ISP) bzw. den kompletten Footprint der ISP (sog. posterosuperiore mRMR) miteinbeziehen. Sie unterscheiden sich v. a. hinsichtlich der Pathogenese (v. a. traumatisch bedingt) von den anterosuperioren RMR mit Beteiligung der Subscapularissehne (SSC; [28]).

Collin et al. [4] konnten in einer klinisch-radiologischen Arbeit zeigen, dass die individuelle Schulterfunktion wesentlich von der zugrunde liegenden Rupturmorphologie abhängt. Als



Abb. 1 ▲ Präoperative radiologische Diagnostik einer rechten Schulter. **a** In der koronaren Magnetresonanztomographie (MRT)-Aufnahme zeigt sich eine vollschichtige Supraspinatussehne (SSP)-Ruptur mit Sehnenretraktion bis supraglenoidal. **b** Das transversale Kräftepaar erscheint in der axialen Schicht intakt. **c** Nativ-radiologisch („true a.-p.-Aufnahme“) ist eine akromiohumerale Distanz von 5,0 mm zu messen, was einer Defektarthropathie Stadium 2 nach Hamada entspricht. **d** Ein positives Tangenzzeichen (orange Linie) mit einer hochgradigen fettigen Degeneration des M. supraspinatus ist in der anguliert-sagittalen Aufnahme zu sehen

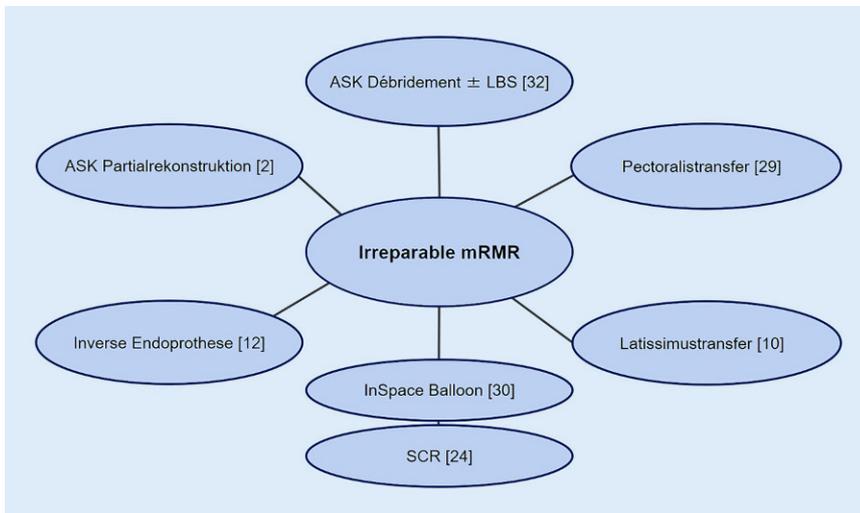


Abb. 2 ▲ Operative Techniken zur Behandlung von irreparablen Rupturen der Rotatorenmanschette (RMR). ASK arthroskopisch, LBS lange Bizepssehne, SCR superiore Kapselrekonstruktion

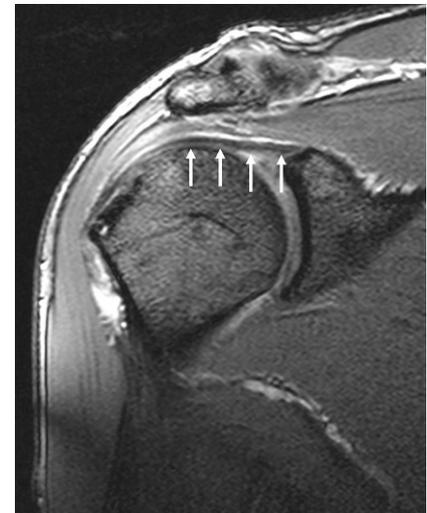


Abb. 3 ▲ Sagittale MRT-Aufnahme einer rechten Schulter (Pfeile Verlauf der supereoren Gelenkkapsel von supraglenoidal nach humeral)

weiteren Faktor einer defizitären Schulterfunktion postulierten die Autoren die progrediente fettige Muskeldegeneration, was wiederum die Bedeutung der zeitnahen Diagnostik mit entsprechender Therapie verdeutlicht. Primäres Ziel der operativen Therapie einer symptomatischen RMR ist die anatomische Rekonstruktion der betroffenen Sehnen, um dem natürlichen Progress entgegenzuwirken. Jedoch ist die Reparabilität und insbesondere die Heilungsrate nach arthroskopischer RM-Rekonstruktion u. a. von degenerativen Veränderungen, wie der Muskelatrophie bzw. -verfettung oder der Sehnenretraktion bzw. -länge, abhängig ([31]; ■ Abb. 1a). Als prognostisch ungünstig hat sich außerdem eine nativ-radiologisch gemessene akromiohumerale Distanz (AHD) von <7 mm und ein magnetresonanztomographisch (MRT) detektiertes positives Tangenzzeichen gezeigt ([7, 33], ■ Abb. 1c, d).

Im Zweifel ist die Reparabilität bzw. Irreparabilität der RMR in Abhängigkeit patientenspezifischer Faktoren immer arthroskopisch zu evaluieren, da die mRMR gemäß Bedi et al. [1] nicht zwingend als in toto irreparabel zu werten ist und vice versa. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass ein struktureller Redefekt nicht zwangsläufig mit schlechteren klinischen Ergebnissen korreliert [3, 8]. Daraus resultiert auch die Empfehlung der Partialrekonstruktion bei Vorliegen

einer partiell irreparablen posterosuperioren, anterosuperioren RMR oder globalen mRMR. Hierunter versteht man eine RMR mit irreparablen superioren Anteilen in Kombination mit reparablen Anteilen des transversalen Kräftepaars (ISP bzw. SSC). Ein Benefit der Partialrekonstruktion ist die Rebalancierung im Glenohumeralgelenk mit guten klinischen Ergebnissen im Kurzzeitverlauf [14].

Ist eine anatomische Rekonstruktion der RM aufgrund oben genannter Kriterien nicht mehr möglich, kommen neben bereits etablierten operativen Verfahren den modernen Techniken wie der Rekonstruktion der supereoren Gelenkkapsel („superior capsular reconstruction“, SCR) eine entscheidende Rolle in der Behandlung der (partiell) irreparablen RMR zu (■ Abb. 2; [2, 10, 12, 24, 25, 29, 30, 32]). Das zu präferierende Verfahren ist im Endeffekt individuell zu wählen. Im Folgenden soll dieser Artikel die anatomischen Grundlagen und klinischen Ergebnisse nach Anwendung der SCR in Abhängigkeit der Indikationsstellung beleuchten.

Grundlagen

Im Wesentlichen stellt sich die supereore Gelenkkapsel als dünne membranöse Struktur mit einer engen Lagebeziehung zur posterosuperioren RM (SSP bzw. ISP)

dar. In anatomischen Arbeiten konnte gezeigt werden, dass diese supraglenoidal entspringt, in ihrem Verlauf nach lateral v. a. durch das Lig. coracohumerale verstärkt wird und humeral am Tuberculum majus inseriert (■ Abb. 3). Die Ansatzzone deckt sich in etwa zu 30–61 % mit dem Footprint der posterosuperioren RM [26].

» Das Ausmaß der glenohumeralen Dezentrierung hängt im Wesentlichen von der Integrität der Rotatorenmanschette ab

Im Gegensatz zur posterosuperioren RM, welche im Verbund das Glenohumeralgelenk dynamisch durch zirkuläre Kompression stabilisiert, dient die supereore Gelenkkapsel als statischer Stabilisator. Mihata et al. [24] konnten in einer biomechanischen Arbeit zeigen, dass eine Defektsituation der supereoren Stabilisatoren zu einer progredienten Translation des Humeruskopfes nach kranial führt. Klinisch lässt sich dieser pathophysiologische Vorgang durch das resultierende Ungleichgewicht im vertikalen Kräftepaar erklären. Das Ausmaß (dynamisch vs. statisch) der glenohumeralen Dezentrierung hängt im Weiteren von der Integrität der Rotatoren (transversales Kräftepaar; ISP bzw. SSC) ab (■ Abb. 1b).

Hier steht eine Anzeige.



Liegt eine irreparable Defektsituation vor, ist man gezwungen, Verfahren heranzuziehen, welche das glenohumerale Rotationszentrum stabilisieren respektive wiederherstellen. Als Lösungsansatz wurde von Mihata et al. [24] ein Verfahren entwickelt, um die stabilisierende Funktion der nativen superioren Gelenkkapsel zu rekonstruieren, indem sie ein interessäres Transplantat (Fascia-lata[FL]-Autograft) zwischen Glenoid und Humerus implantierten. Dadurch konnte v. a. die superiore Translation des Humeruskopfes und der subakromiale Kontaktdruck signifikant reduziert werden, was klinisch der Progression der Defektarthropathie entgegenwirken soll.

In Folgearbeiten konnte gezeigt werden, dass eine simultane adäquate subakromiale Dekompression, ein dickeres Autograft und die Komplementierung der Rekonstruktion durch Zuhilfenahme von mehreren Seit-zu-Seit-Nähten zwischen dem nativen Sehngewebe (ISP bzw. SSC) und dem Autograft die zentrierende Wirkung der Kapselrekonstruktion potenzieren [21–23].

Um die Entnahmemorbidität am Oberschenkel und in Folge die Operationszeit bei Verwendung eines Autografts zu reduzieren, wurde von Hirahara et al. [15] 2015 eine alternative Technik beschrieben, bei welcher ein humanes dermales Allograft (DA) verwendet wurde. Trotz oben genannter potentieller Vorteile und geeigneter Eigenschaften hinsichtlich Ausreißkraft zeigten erneut Mihata et al. [18], dass das Allograft dem Autograft biomechanisch unterlegen ist, was v. a. auf eine unphysiologische Elastizität des Allografts zurückgeführt wurde. Auch die Anwendung eines Xenografts als Interponat wurde beschrieben, jedoch gilt es hier erste Studien abzuwarten.

Indikation

Neben patientenspezifischen Faktoren, wie dem biologischen Alter, den führenden Beschwerden und dem funktionellen Anspruch, sind v. a. pathologiespezifische Faktoren wie die Rupturmorphologie und die Defektarthropathie als Entscheidungskriterien zur SCR heranzuziehen.

Patientenspezifische Kriterien

Historisch gesehen stellt die irreparable RMR in jüngeren Patienten mit erhöhtem Funktionsanspruch eine therapeutische Herausforderung dar. Aus diesem Grund wurde die SCR als Alternative zu etablierten nicht-anatomischen oder nicht-gelenkerhaltenden Verfahren wie dem Muskeltransfer oder der inversen Schulterendoprothetik v. a. für Patienten, welche zu jung, zu aktiv oder zu sportlich für eben diese Salvage-Prozeduren gelten, beschrieben. Jedoch konnten Untersuchungen zeigen, dass das chronologische Alter nicht als alleinstehendes Ein- oder Ausschlusskriterium herangezogen werden sollte. Bis zum jetzigen Zeitpunkt ist keine negative Korrelation zwischen dem Alter und dem subjektiven oder objektiven Ergebnis nach SCR nachgewiesen worden, was aufgrund der breiten Altersspanne von 27 bis 82 Jahren als substanzial angesehen werden kann [5, 16, 17, 19, 20, 27].

» Das chronologische Alter sollte nicht als alleinstehendes Ein- oder Ausschlusskriterium zur SCR herangezogen werden

Unabhängig des Alters variieren insbesondere die Beschwerden und der individuelle Funktionsanspruch zum Zeitpunkt der präoperativen Vorstellung. Diesbezüglich konnten Mihata et al. [19] zeigen, dass ein minderer und im Umkehrschluss vermehrter beruflicher oder sportlicher Anspruch weder das klinische Ergebnis, noch die strukturelle Integrität negativ beeinflussen. Zusätzlich wurde der Residualfunktion der betroffenen Schulter oft eine besondere Bedeutung hinsichtlich der potentiellen Funktionszunahme eingeräumt. Hierbei ist v. a. die kompensierte Schulterfunktion mit einer Elevation über Schulterniveau von der nicht-kompensierten oder pseudoparalytischen Schulterfunktion zu differenzieren. Letztere ist definiert als Unfähigkeit, die betroffene Extremität über 90° aktiv zu elevieren bei gleichzeitig vorliegender freier passiver Beweglichkeit.

Obere Extremität 2018 · 13:237–245
<https://doi.org/10.1007/s11678-018-0479-8>
 © Der/die Autor(en) 2018

F. Plachel · M. Minkus · M. Scheibel

Superiore Kapselrekonstruktion: Indikation und klinische Resultate

Zusammenfassung

Die optimale Therapie der irreparablen bzw. partiell reparablen Rotatorenmanschettenruptur wird weiterhin kontrovers diskutiert. In Abhängigkeit von patienten- und pathologiespezifischen Faktoren bestehen sowohl konservative, als auch verschiedene operative Behandlungsoptionen. Das Verfahren der superioren Kapselrekonstruktion („superior capsular reconstruction“, SCR) mit Verwendung eines Auto- oder Allografts stellt hierbei einen relativ neuen Therapieansatz dar, dessen Indikationsgebiet bislang noch nicht abschließend geklärt ist. In diesem Artikel soll ein Überblick über die aktuelle Datenlage, die Indikationsstellung und erste klinische und strukturellen Ergebnisse der SCR gegeben werden.

Schlüsselwörter

Schultergelenk · Rotatorenmanschette · Irreparable Ruptur · Massenruptur · Superiore Kapselrekonstruktion

Superior capsular reconstruction: Indication and clinical results

Abstract

The treatment of irreparable or partial repairable rotator cuff tendon tears is still discussed controversially. Depending on patient- and pathology-specific factors, conservative as well as different surgical treatment options exist. Superior capsular reconstruction (SCR) using an autograft or allograft represents a relatively novel surgical technique. However, the ideal indication for this procedure is still under debate. This review article provides an overview about the current literature concerning indications and early clinical and structural results of SCR.

Keywords

Shoulder joint · Rotator cuff · Irreparable tear · Massive tear · Superior capsule reconstruction

Tab. 1 Literaturübersicht: klinische Kurzzeitergebnisse nach SCR

| Studie | Patienten (n) | Alter (Ø Jahre) | Follow-up (Ø Jahre) | Graft | Klinik (Punkte) | AHD (mm) | Transplantatversagen (n, %) | Komplikation (%) | Revision (%) |
|-----------------------------|---------------|-----------------|---------------------|--------|---------------------------------|-----------|-----------------------------|------------------|--------------|
| Mihata et al. 2013 [20] | 24 | 65 | 34 | FL | ASES: 24 → 93 VAS: n.e. | 4,6 → 8,7 | 1 (4) | 0 | 0 |
| Mihata et al. 2018 [19] | 100 | 67 | 48 | FL | ASES: 36 → 92 VAS: n.e. | n.e. | 5 (5) | 16 | 0 |
| Hirahara et al. 2017 [16] | 8 | 61 | 32 | DA | ASES: 42 → 87 VAS: 6,3 → 0,4 | 4,5 → 7,7 | 2 (40) | 0 | 13 |
| Denard et al. 2017 [5] | 59 | 62 | 18 | DA | ASES: 44 → 78 VAS: 5,8 → 1,7 | 6,6 → 6,7 | 11 (55) | 7 | 19 |
| Pennington et al. 2018 [27] | 86 | 59 | 12 | DA | ASES: 52 → 82 VAS: 4,0 → 1,5 | 7,1 → 9,7 | n.e. | 0 | 2 |
| Lee und Min 2018 [17] | 36 | 61 | 25 | FL, DA | ASES: 50 → 84 VAS: 5,8 → 1,6 | 4,9 → 8,0 | 13 (36) | 0 | 36 |

FL Fascia-lata-Autograft, DA humanes dermales Allograft, n.e. nicht evaluiert, Revision Revision aufgrund SCR-Versagens, ASES American Shoulder and Elbow Surgeon Score, VAS visuelle Analogskala, AHD akromiohumorale Distanz

Tab. 2 Indikations- und Operationsempfehlungen

| Pathologiespezifische Kriterien | Patientenspezifische Kriterien | Operationsspezifische Kriterien |
|--|--------------------------------|--------------------------------------|
| Rupturmorphologie | Alter | Transplantatdicke |
| Partiell irreparable antero- bzw. posterosuperiore RMR oder globale mRMR | Ohne Einfluss | FL: >6 mm |
| | Schulterfunktion | DA: >3 mm |
| Defektarthropathie [13] | Kompensiert und dekom-pensiert | Partialrekonstruktion |
| Stadium 1 + 2 | Funktionsanspruch | Wenn möglich unbedingt erwägen |
| Fettige Muskeldegeneration [11] | Ohne Einfluss | Adaption von Graft zu nativem Gewebe |
| SSC + ISP: Grad 1 + 2 | | Posterior > anterior |

RMR Rotatorenmanschettenruptur, mRMR Massenruptur, SSC Subscapularissehne, ISP Infrapinatussehne, FL Fascia-lata-Autograft, DA humanes dermales Allograft

Die „wahre“ funktionelle Pseudoparalyse ist zwingend von einer „falschen“ schmerzassozierten Pseudoparalyse (z. B. mittels Infiltrationstest) zu unterscheiden. Hinsichtlich der präoperativen, teilweise stark variierenden funktionellen Einschränkung wurde kein Einfluss auf das finale Ergebnis nach SCR beschrieben. Mihata et al. [20] konnten zeigen, dass eine pseudoparalytische Schulterfunktion durch die SCR in fast allen Fällen reversibel war. Diese Beobachtung wurde auch von Pennington et al. [27] beschrieben und zum einen auf die signifikante Schmerzreduktion und zum anderen auf die glenohumerale Rezentrierung zurückgeführt. Jedoch ist die Interpretation dieser Daten limitiert, da keine Aussage bzw. Unterscheidung in

Bezug auf die Pathogenese der Pseudoparalyse vorgenommen wurde. Etwaige Voroperationen scheinen keinen negativen Einfluss auf die SCR-Versorgung zu haben.

Pathologiespezifische Kriterien

Rupturmorphologie

Im Vordergrund der Indikationsstellung auf Basis pathologiespezifischer Kriterien steht die exakte Beurteilung der Rupturmorphologie. In der Pionierarbeit von Mihata et al. [20] aus dem Jahr 2013 wurden alle Patienten mit einer SCR versorgt, welche eine arthroskopisch verifizierte, partiell irreparable RMR aufwiesen. In ca. 58 % der Fälle lag eine posterosuperiore RMR vor, wenngleich keine Aus-

kunft zum Ausmaß der ISP-Schädigung gemacht wurde. In den restlichen 42 % wurde eine posterosuperiore mRMR mit Beteiligung des kranialen SSC beschrieben.

Zusammenfassend war bei allen Patienten eine irreparable SSP-Ruptur mit simultaner reparabler ISP- und SSC-Läsion evident. Letztere Sehndefekte wurden zu 100 % in Form einer Partialrekonstruktion adressiert. Im Gegensatz dazu wurden von Denard et al. [5] und Pennington et al. [27] alle Patienten mit einer irreparablen posterosuperioren mRMR eingeschlossen. Sowohl SSP als auch ISP waren in beiden Patientenkollektiven komplett rupturiert und wurden arthroskopisch als nicht anatomisch rekonstruierbar eingestuft. Lediglich die kraniale Läsion der SSC (56 %) wurde jeweils mittels Fadenankertechnik adressiert [5].

Die pathomorphologischen Einschlusskriterien in der Arbeit von Lee und Min [17] waren sehr heterogen und reichten von der isolierten irreparablen SSP-Ruptur (6 %) über die irreparable postero- (32 %) bzw. partiell irreparable anterosuperiore (6 %) RMR bis hin zur mRMR mit Beteiligung von 3 Sehnen (56 %). Auch in diesem Kollektiv wurde ausschließlich die kraniale SSC-Ruptur rekonstruiert.

Muskeldegeneration

Während fortgeschrittene degenerative Veränderungen an Muskel und Sehne ei-

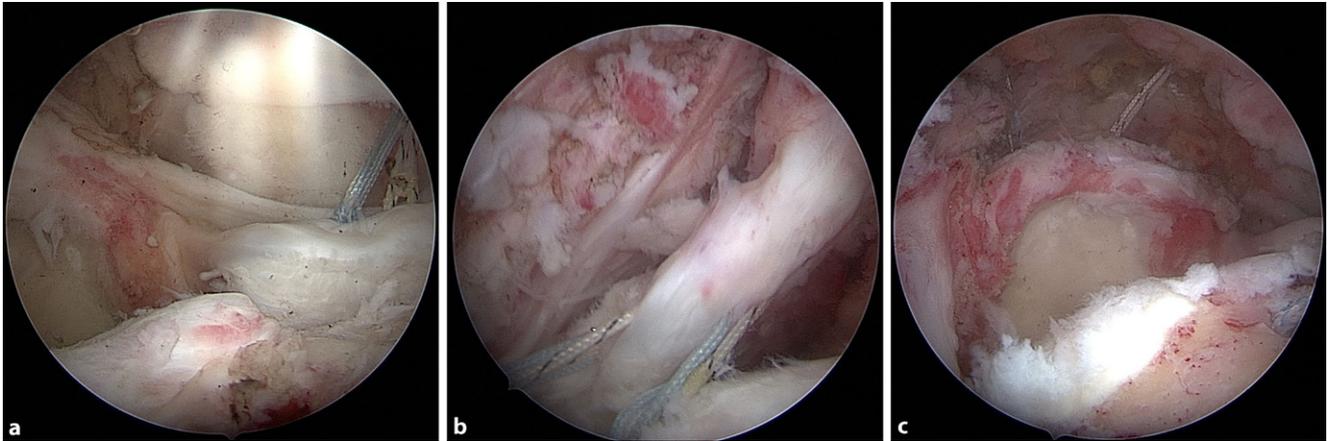


Abb. 4 ▲ Arthroskopie einer rechten Schulter mit radiologisch verifizierter partiell irreparabler Rotatorenmanschettenruptur (RMR) mit Beteiligung der kranialen Infraspinatussehne (ISP) und Subscapularissehne (SSC). Blick von lateral: **a** Die kraniale SSC-Läsion wurde mittels Fadenanker rekonstruiert, gleichzeitig die lange Bizepssehne (LBS) tenodesiert. **b** Rekonstruktion der kranialen ISP in doppelter Matratzennahttechnik. **c** Vorbereitung zur „superior capsular reconstruction“ (SCR). Die SSP zeigt sich irreparabel bis glenoidal retrahiert

ne angemessene Rekonstruktion der SSP negativ beeinflussen bzw. unmöglich machen, ist eine suffiziente Reinsertion von ISP bzw. SSC aufgrund der günstigeren Relation von Muskelvolumen zu Sehnenlänge auch bei einer höhergradigen Muskeldegeneration zu erzielen [2]. Wesentliche Gemeinsamkeit aller vorliegenden Arbeiten in Bezug auf die Pathoanatomie der RM war die fortgeschrittene Degeneration des M. supraspinatus, welche überwiegend als Grad 3 bzw. 4 nach Goutallier et al. [11] klassifiziert wurde. Eine wesentlich größere Spannweite ist im Falle der transversalen Rotatoren (ISP bzw. SSC) zu vernehmen, welche das gesamte Spektrum der Muskelverfettung umfasste.

Defekarthropathie

Als relatives Ausschlusskriterium wurde in allen Arbeiten die endgradige Defekarthropathie mit Azetabularisierung und beginnender Humeruskopfdestruktion (Stadium 5 nach Hamada et al. [13]) angesehen.

» Eine höhergradige Defekarthropathie wird als relatives Ausschlusskriterium angesehen

Auch wenn in der Arbeit von Mihata et al. [20] Patienten mit „manuell nicht reponierbarem, nach kranial dezentrier-

ten Humeruskopf“ ausgeschlossen wurden, ist zu sehen, dass auch Fälle mit einer höhergradigen (bis Stadium 4 [13]) Defekarthropathie inkludiert wurden. In Anbetracht der Wertigkeit der SCR wurden aber zum Großteil (80–92 %) Patienten mit einer niedriggradigen Defekarthropathie (Stadium 1 und 2 [13]) eingeschlossen.

Klinische Ergebnisse

Zum jetzigen Zeitpunkt finden sich insgesamt 6 klinische Studien mit einer Mindestnachbeobachtung von 12 Monaten nach arthroskopischer SCR [5, 16, 17, 19, 20, 27]. Bei der Interpretation der Daten müssen v. a. die Indikationsstellung und die Transplantatwahl berücksichtigt werden.

Alle Autoren berichteten übereinstimmend über eine im Durchschnitt signifikante klinische Verbesserung in Bezug auf die Schulterfunktion und die Schmerzintensität im Kurzzeitverlauf [5, 16, 20, 27]. Diese Zunahme spiegelte sich auch anhand aller erhobenen Bewertungsbögen wieder (■ Tab. 1). Mihata et al. [20] zeigten, dass es nach SCR mittels Autograft sowohl zu einer signifikanten Zunahme der aktiven Schulterbeweglichkeit in allen Ebenen (Elevation +64°, Außenrotation +14° und Innenrotation +2 Lendenwirbelkörper), als auch zu einer signifikanten Kraftzunahme der betroffenen Schul-

ter gekommen ist, wenngleich im MRT keine wesentliche Zu- oder Abnahme der vorliegenden Muskelatrophie nachzuweisen war. Vergleichbare klinische Ergebnisse wurde auch von Pennington et al. [27] nach Verwendung eines Allografts beschrieben.

Eine Diskrepanz besteht in der Veränderung der AHD von prä- zu postoperativ, welche als radiologischer Parameter zur Beurteilung der glenohumeralen Zentrierung herangezogen wurde. Während es in den meisten Fällen zu einer signifikanten Zunahme direkt postoperativ gekommen ist, berichteten Denard et al. [5] lediglich von einer geringfügigen Vergrößerung mit einer Tendenz zur Abnahme über die Zeit. Ebenso zeigten sich essentielle Unterschiede in der strukturellen Transplantatintegrität, welche postoperativ im MRT evaluiert wurde.

Mihata et al. [19] wiesen eine FL-Grafruptur ohne Angabe zur Lokalisation in lediglich 5 % der Fälle bzw. ein Versagen der ISP-Rekonstruktion in 13 % der Fälle nach. Demgegenüber steht eine Versagensrate von ca. 40–60 % nach Verwendung eines DA-Allografts [5, 16, 17]. Am häufigsten wurden hier humerale Komplettausrisse beschrieben, gefolgt von glenoidalen Defekten und intrasubstanzialen Rupturen.

Alle Autoren kamen zur Erkenntnis, dass ein substanzieller Schaden am Graft bzw. der initialen RM-Partialrekon-



Abb. 5a-f ◀ Rechte Schulter: **a** Präoperativ zeigt sich eine Defektarthropathie Stadium 2 mit einer AHD von 5,9 mm. **b** Parasagittale MRT-Aufnahme 6 Wochen nach „superior capsular reconstruction“ (SCR) mittels Allograft (oranger Stern) und suffizienter Adaption zum nativen Sehngewebe des ISP (Infraspinatussehne)-Gewebes bzw. zum anterioren Intervallgewebe. **c** Konventionell radiologische Verlaufskontrolle 12 Monate postoperativ mit glenohumeraler Rezentrierung und einer akromiohumeralen Distanz (AHD) von 10,5 mm. **d** Niedriggradige Defektarthropathie Stadium 2 mit einer AHD von 5,0 mm. **e** Im MRT 6 Wochen nach SCR bestätigt sich die insuffiziente Reinsertion von Allograft (oranger Stern) zum vitalen ISP-Gewebe trotz intraoperativer ISP-Rekonstruktion. **f** 6 Monate nach SCR zeigt sich eine persistierende glenohumeraler Dezentrierung mit einer AHD von 5,2 mm

struktion (Komplettruptur bzw. „failure in continuity“) einerseits zu signifikant schlechteren klinischen Ergebnissen und andererseits zu einer inadäquaten glenohumeralen Rezentrierung beigetragen hat. Patienten mit im MRT verifiziertem Transplantatversagen kombiniert mit postoperativer Schmerzprogression und regredienter Schulterfunktion wurden z. T. mittels inverser Schulterendoprothese oder einer Re-SCR revidiert [5, 16, 27]. Zusätzlich sind auch SCR-unabhängige Komplikationen beschrieben. Hierzu zählen tiefe glenohumerale Infektionen, Ausrisse der verwendeten Fadenanker oder postoperative Schultersteifen, welche entsprechend mittels arthroskopischem Débridement, Im-

plantatentfernung oder Kapselreleasetherapiert werden konnten [5, 19].

Indikations- und operationsspezifische Ergebnisse

Auch wenn der direkte Vergleich zwischen den Arbeiten von Mihata et al. [20] und den amerikanischen Studien v. a. durch die Transplantatwahl erschwert ist, zeigt sich ein deutlicher Unterschied in Bezug auf die Indikationsstellung [5, 27]. Während Mihata et al. [20] die SCR als Additivverfahren zur Partialrekonstruktion der transversalen Rotatoren verwendeten (Abb. 4), wurde in den Arbeiten von Denard et al. [5] und Pennington et al. [27] die SCR zur alleinigen Thera-

pie der irreparablen posterosuperioren mRMR angewandt.

» Die SCR ermöglicht nach aktueller Datenlage zufriedenstellende klinische Ergebnisse

In einer kürzlich publizierten Arbeit wurde die Bedeutung der posterioren RM (ISP) aufgezeigt [17]. Es konnte gezeigt werden, dass die ISP-Rekonstruktion signifikant die strukturelle Integrität der SCR und in Folge die glenohumeraler Rezentrierung beeinflusst. Zusätzlich korrelierte die suffiziente Adaption von Graft und nativem Sehngewebe mit-

tels Seit-zu-Seit-Nähten positiv mit dem klinischen Ergebnis (Abb. 5). Auch dem anterioren Anteil des transversalen Kräftepaars wurde eine wichtige Bedeutung zugeschrieben, indem der Grad der SSC-Atrophie als negativer Prädiktor für ein strukturelles SCR-Versagen ausfindig gemacht wurde (Goutallier-Stadium 2,2 vs. 0,6 [11, 5]). Zwischen den Arbeitsgruppen besteht Einigkeit darüber, dass die SCR v.a. Patienten mit niedriggradiger Defektarthropathie (Stadium 1 und 2 [13]) vorbehalten sein sollte. Denard et al. [5] konnten zeigen, dass die Erfolgsrate nach SCR in Abhängigkeit der Defektarthropathie von 75% bei Patienten im Stadium 1 bzw. 2 auf 44% bei statisch dezentriertem Schultergelenk (Stadium 3 bzw. 4) abnimmt.

Neben den potentiellen biologischen Vorteilen des Autografts zeigte sich v.a. hinsichtlich der zu erreichenden Transplantatdicke ein wesentlicher Unterschied zum Allograft. So ist mittels FL-Autograft durch Doppelung eine annähernd anatomische Dicke von bis zu 8 mm zu erreichen, wohingegen das Allograft bei maximal 3 mm limitiert ist. In beiden Fällen zeigen die aktuellen Ergebnisse, dass auf ein stärkeres, anatomiegetreues Transplantat (FL, >6 mm; DA, >3 mm) zurückgegriffen werden sollte [5, 17]. Tab. 2 gibt die wichtigsten, evidenzbasierten Empfehlungen und unsere eigenen Erfahrungen wieder.

Fazit für die Praxis

- Es sind v.a. pathologiespezifische Kriterien entscheidend, ob eine SCR indiziert ist oder auf andere, etablierte Verfahren zurückgegriffen werden sollte.
- Es besteht Einigkeit darüber, dass eine klinisch symptomatische irreparable oder partiell reparable posterosuperiore RMR mit niedriggradiger Defektarthropathie aktuell als Hauptindikation zu werten ist. Vor allem die Reparabilität der transversalen Rotatoren scheint einen positiven Effekt auf die klinischen und strukturellen Ergebnisse zu haben.

- Die SCR ermöglicht nach aktueller Datenlage zufriedenstellende klinische Ergebnisse mit v.a. einer deutlichen Schmerzreduktion, aber auch einer funktionellen Verbesserung.
- Nichtsdestotrotz müssen weitere Studien, v.a. Langzeituntersuchungen, abgewartet werden, um den Effekt einer dauerhaften Rezentrierung bzw. die Grafitintegrität (biologische Heilung) unter Berücksichtigung der hohen Kosten des Verfahrens abschließend beurteilen zu können.

Korrespondenzadresse

Dr. F. Plachel

Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité-Universitätsmedizin Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, Deutschland
Fabian.Plachel@pmu.ac.at

Funding. Open access funding provided by Paracelsus Medical University.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Plachel, M. Minkus und M. Scheibel geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

1. Bedi A, Dines J, Warren RF, Dines DM (2010) Massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 92:1894–1908
2. Burkhart SS, Nottage WM, Ogilvie-Harris DJ, Kohn HS, Pachel A (1994) Partial repair of irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy* 10:363–370
3. Chung SW, Kim JY, Kim MH, Kim SH, Oh JH (2013) Arthroscopic repair of massive rotator cuff tears: Outcome and analysis of factors associated with healing failure or poor postoperative function. *Am J Sports Med* 41:1674–1683
4. Collin P, Matsumura N, Ladermann A, Denard PJ, Walch G (2014) Relationship between massive chronic rotator cuff tear pattern and loss of active shoulder range of motion. *J Shoulder Elbow Surg* 23:1195–1202

5. Denard PJ, Brady PC, Adams CR, Tokish JM, Burkhart SS (2018) Preliminary results of arthroscopic superior capsule reconstruction with dermal allograft. *Arthroscopy* 34:93–99
6. DeOrto JK, Cofield RH (1984) Results of a second attempt at surgical repair of a failed initial rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 66:563–567
7. Dwyer T, Razmjou H, Henry P, Gosselin-Fournier S, Holtby R (2015) Association between preoperative magnetic resonance imaging and reparability of large and massive rotator cuff tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23:415–422
8. Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K (2004) The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 86-a:219–224
9. Gerber C, Fuchs B, Hodler J (2000) The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 82:505–515
10. 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 Relat Res* 232:51–61
11. 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 Relat Res* 304:78–83
12. Grammont PM, Baulot E (1993) Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthopedics* 16:65–68
13. Hamada K, Fukuda H, Mikasa M, Kobayashi Y (1990) Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. *Clin Orthop Relat Res* 254:92–96
14. Heuberger PR, Kolblinger R, Buchleitner S, Pauenberger L, Laky B, Auffarth A, Moroder P, Salem S, Kriegleder B, Anderl W (2016) Arthroscopic management of massive rotator cuff tears: an evaluation of debridement, complete, and partial repair with and without force couple restoration. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24:3828–3837
15. Hirahara AM, Adams CR (2015) Arthroscopic superior capsular reconstruction for treatment of massive irreparable rotator cuff tears. *Arthrosc Tech* 4:e637–e641
16. Hirahara AM, Andersen WJ, Panero AJ (2017) Superior capsular reconstruction: Clinical outcomes after minimum 2-year follow-up. *Am J Orthop (Belle Mead, NJ)* 46:266–278
17. Lee SJ, Min YK (2018) Can inadequate acromiohumeral distance improvement and poor posterior remnant tissue be the predictive factors of re-tear? Preliminary outcomes of arthroscopic superior capsular reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 26(7):2205–2213. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4912-8>
18. Mihata T, Bui CNH, Akeda M, Cavagnaro MA, Kuenzler M, Peterson AB, McGarry MH, Itami Y, Limpisvasti O, Neo M, Lee TQ (2017) A biomechanical cadaveric study comparing superior capsule reconstruction using fascia lata allograft with human dermal allograft for irreparable rotator cuff tear. *J Shoulder Elbow Surg* 26:2158–2166
19. Mihata T, Lee TQ, Fukunishi K, Itami Y, Fujisawa Y, Kawakami T, Ohue M, Neo M (2018) Return to sports and physical work after arthroscopic superior capsule reconstruction among patients with irreparable rotator cuff tears. *Am J Sports Med* 46:1077–1083
20. Mihata T, Lee TQ, Watanabe C, Fukunishi K, Ohue M, Tsujimura T, Kinoshita M (2013) Clinical results of arthroscopic superior capsule reconstruction

- for irreparable rotator cuff tears. *Arthroscopy* 29:459–470
21. Mihata T, McGarry MH, Kahn T, Goldberg I, Neo M, Lee TQ (2016) Biomechanical effect of thickness and tension of fascia Lata graft on Glenohumeral stability for superior capsule reconstruction in irreparable Supraspinatus tears. *Arthroscopy* 32:418–426
 22. Mihata T, McGarry MH, Kahn T, Goldberg I, Neo M, Lee TQ (2016) Biomechanical effects of Acromioplasty on superior capsule reconstruction for irreparable Supraspinatus tendon tears. *Am J Sports Med* 44:191–197
 23. Mihata T, McGarry MH, Kahn T, Goldberg I, Neo M, Lee TQ (2016) Biomechanical role of capsular continuity in superior capsule reconstruction for irreparable tears of the Supraspinatus tendon. *Am J Sports Med* 44:1423–1430
 24. Mihata T, McGarry MH, Pirolo JM, Kinoshita M, Lee TQ (2012) Superior capsule reconstruction to restore superior stability in irreparable rotator cuff tears: A biomechanical cadaveric study. *Am J Sports Med* 40:2248–2255
 25. Minkus M, Scheibel M (2017) Superior Capsular Reconstruction (SCR). *Obere Extremität* 12:51–53
 26. Nimura A, Kato A, Yamaguchi K, Mochizuki T, Okawa A, Sugaya H, Akita K (2012) The superior capsule of the shoulder joint complements the insertion of the rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg* 21:867–872
 27. Pennington WT, Bartz BA, Pauli JM, Walker CE, Schmidt W (2018) Arthroscopic superior capsular reconstruction with acellular dermal allograft for the treatment of massive irreparable rotator cuff tears: Short-term clinical outcomes and the radiographic parameter of superior capsular distance. *Arthroscopy* 34(6):1764–1773. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.01.009>
 28. Plachel F, Moroder P, Gerhardt C, Scheibel M (2017) Anterosuperiore Rotatorenmanschettenläsion beim jungen Patienten. *Arthroskopie* 30:216–222
 29. Resch H, Povacz P, Ritter E, Matschi W (2000) Transfer of the pectoralis major muscle for the treatment of irreparable rupture of the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am* 82:372–382
 30. Savarese E, Romeo R (2012) New solution for massive, irreparable rotator cuff tears: the subacromial “biodegradable spacer”. *Arthrosc Tech* 1:e69–74
 31. Shon MS, Koh KH, Lim TK, Kim WJ, Kim KC, Yoo JC (2015) Arthroscopic partial repair of irreparable rotator cuff tears: Preoperative factors associated with outcome deterioration over 2 years. *Am J Sports Med* 43:1965–1975
 32. Walch G, Edwards TB, Boulahia A, Nove-Josserand L, Neyton L, Szabo I (2005) Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: Clinical and radiographic results of 307 cases. *J Shoulder Elbow Surg* 14:238–246
 33. Werner CM, Conrad SJ, Meyer DC, Keller A, Hodler J, Gerber C (2008) Interobserver agreement and interobserver correlation of radiologic acromiohumeral distance measurements. *J Shoulder Elbow Surg* 17:237–240