

# Persönliche PDF-Datei für J. Leuzinger, C. Sternberg, D. Smolen, R. Jakob

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

[www.thieme.de](http://www.thieme.de)

## Patch-Augmentation in der Re-Insertionschirurgie der Rotatorenmanschette bei älteren Patienten

**DOI** 10.1055/s-0042-106475  
Z Orthop Unfall 2016; 154: 504–512

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

**Verlag und Copyright:**  
© 2016 by  
Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstraße 14  
70469 Stuttgart  
ISSN 1864-6697

Nachdruck nur  
mit Genehmigung  
des Verlags

 **Thieme**

# Patch-Augmentation in der Re-Insertionschirurgie der Rotatorenmanschette bei älteren Patienten

## Patch Augmentation in Rotator Cuff Repair Surgery with Elder Patients

### Autoren

J. Leuzinger, C. Sternberg, D. Smolen, R. Jakob

### Institut

Abteilung Schulter- und Ellbogenchirurgie, Etzelclinic Pfäffikon, Schweiz

### Schlüsselwörter

- Arthroskopie
- Patch-Augmentation
- Rotatorenmanschette
- Massenrupturen

### Key words

- arthroscopy
- patch augmentation
- rotator cuff
- massive tears

### Zusammenfassung



**Hintergrund:** Massive Rupturen (2 und mehr Sehnen) der Rotatorenmanschette haben vor allem bei älteren Patienten eine sehr schlechte Prognose. Zur Senkung der Rerupturrate wird seit einigen Jahren in der orthopädischen Praxis die Verstärkung der Nahtstelle durch Patches (Augmentation) angewandt.

**Material und Methoden:** In einer klinischen Studie (Operationen von 2005 bis 2011) testeten wir Patches aus unterschiedlichen Materialien auf Verbesserung der Integrität der Rotatorenmanschette bei 89 Patienten (63 m/26 w), die im Schnitt das Pensionsalter überschritten hatten. Hierzu wurden in „Parachute-Technik“ Graft Jacket, ein biologisches Matrixmaterial humanen Ursprungs, Artelon, ein sehr langsam abbauender Polyurethanharnstoff-Patch sowie Restore, ein orthobiologisches Implantat, in arthroskopischer OP-Technik zusätzlich über die Sehnen-Knochen-Naht gespannt und vernäht.

**Ergebnisse:** Über alle verwendeten Patches hinweg konnte bei primärer Rekonstitution in 3 von 4 Fällen die Rotatorenmanschette erfolgreich komplett rekonstituiert werden. In der Revisionschirurgie lag die Quote bei knapp 2 Dritteln etwas niedriger. Inerte, nicht resorbierende Patches zeigen in der Primärversorgung die deutlich besten Resultate. Die klinischen Scores (CS) erreichten bei allen operierten Patienten rund 80% der Normwerte (Maximalwerte), die subjektiven Schulterwerte nach 6 Monaten über 80% und nach 3 Jahren über 90% der Normalwerte. Es kam zu keinen gravierenden Nebenwirkungen.

**Schlussfolgerung:** Vor allem Sehnen mit reduzierten mechanischen Eigenschaften, wie sie bei älteren Patienten und in der Revisionschirurgie häufig anzutreffen sind, profitieren von der Verstärkung und Entlastung der empfindlichen Naht-Sehnen-Schnittstelle. Die Erfolgsraten von bis zu 87,5% im Fall von Graft Jacket bei primärer

### Abstract



**Background:** Massive rotator cuff tendon tears have a poor clinical prognosis. This holds especially true in older patients and after revision surgery. In order to reduce tears and increase long term shoulder parameters, patches made of a variety of materials have been applied to reinforce sutures in current orthopaedic practice.

**Material and Methods:** In a clinical study on rotator cuff surgery from 2005 to 2011 (date of surgical intervention), we tested the efficacy of three different commercial patches, with 89 patients (63 m/26 w) enrolled with a mean age of over 65. Graft Jacket, a regenerative stable human tissue scaffold, Artelon, a slow-resorbable polyurethane-urea patch and Restore, an orthobiological degradable graft, were arthroscopically implanted in order to augment the fragile tendon-bone interface after massive tears of 2 to 3 tendons (supraspinatus and/or infraspinatus and/or subscapularis).

**Results:** An overall repair integrity score of 75% was achieved in primary rotator cuff surgery and of 65% in revision surgery with either non- or slowly resorbable patches outperforming the degradable material. This effect is more marked after primary surgery. CS values indicate overall patient recovery at 6 months of 81.43 vs. 47.29 for Graft Jacket, 81.34 vs. 46.18 for Artelon and 78.45 vs. 41.93 for Restore. Subjective shoulder value (SSV) at 3 years increased to 9.11 vs. 4.32 for Graft Jacket, 9.31 vs. 3.53 for Artelon and 9.45 vs. 2.9 for Restore. No severe adverse affects were encountered.

**Conclusions:** Tendons with reduced mechanical characteristics can greatly profit from patch augmentation. This holds especially true for older patients and in revision surgery. The success rate of our patch studies was up to 87% for Graft Jacket in primary rotator cuff surgery and a minimum of 58.3% for Restore in pure revision surgery (com-

### Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-106475>  
 Online-publiziert 21.06.2016  
 Z Orthop Unfall 2016; 154: 504-512 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 1864-6697

### Korrespondenzadresse

**Dr. Jan Leuzinger**  
 Abteilung Schulter- und Ellbogenchirurgie  
 Etzelclinic  
 Churerstrasse 43  
 8808 Pfäffikon  
 Schweiz  
 Tel.: + 41/(0)55/4 15-80 20  
 Fax: + 41/(0)55/4 15-80 29  
 leuzinger@etzelclinic.ch

Versorgung der Rotatorenmanschette sind sehr ermutigend (vergleichbare Studien und Metastudien in diesem Bereich zeigen Erfolgsraten bei gravierenden Rupturen der Rotatorenmanschette von 43 bis 59%) und verweisen auf eine Entwicklung hin zu immer besseren, intelligenteren Patch-Materialien in Bezug auf Fließspannung, Festigkeit und Grenzlast.

## Einleitung

Die Re-Insertion der Rotatorenmanschette zeigt heute besonders bei jüngeren Patienten vielversprechende Resultate [1]. In den letzten Jahren hat daher die Anzahl der chirurgisch behandelten Fälle deutlich zugenommen, wobei insbesondere die Arthroskopie im Vordergrund stand [2]. Kosmetische Gründe auf der einen und verbesserte bildgebende und operationsunterstützende Verfahren auf der anderen Seite haben zu einer Vervielfachung minimalinvasiver arthroskopischer Eingriffe beigetragen. Fixationsverfahren mit Ankern, transossär oder in Suture-Bridge-Techniken [3], zeigten gute medizinische Resultate, sodass bereits gegen Ende des Jahrzehnts Fixationsalgorithmen, basierend auf Gewebequalität und Lage sowie Ausmaß der Sehnenläsionen, Verwendung fanden [4]. Trotz dieser in relativ kurzer Zeit erzielten Erfolge und oft besseren Erfolgsraten der Arthroskopie im Vergleich zu offenen Verfahren [5] stellt sich die Lage bei Rupturen und älteren Patienten (> 65 Jahren) sowie bei Massenrupturen weit ernüchternder dar [6, 7]. Ist die Qualität der Sehnen nach einer Rotatorenmanschettenruptur ungenügend, werden nicht nur erhöhte Anforderungen an die mechanische Fixation der Sehnen gestellt, sondern auch an die Überbrückung biologischer Defizite durch begleitende Verfahren. Seit gut 10 Jahren werden 2 Klassen von Auxiliärverfahren angewendet, einerseits sog. weiche Verfahren mit stammzellaktivierten Plasma- [8] oder Wachstumsfaktoren [9], andererseits mechanische Verstärkungen (Patches).

Die biologischen Behandlungen mit Stammzellen und Wachstumsfaktoren bis hin zu Platelet rich Plasma [10] oder autologem Plasma [11] zeigen trotz der unbestreitbaren chirurgischen Fortschritte bis heute einen geringen bis keinen Effekt auf die Sehnenheilung [8]. Auf der anderen Seite konnten in Tierversuchen, in vitro und in vivo, mit diversen mechanischen Verstärkungen gute bis ausgezeichnete Resultate erreicht werden. Es konnte eine gute Inkorporation [12] ohne inflammatorische Reaktion [13] sowie eine gute Vaskularisation der biologischen Patches und Infiltration mit Bindegewebszellen [14] nachgewiesen werden. Durch diese Erfolge stimuliert, kamen innerhalb kürzester Zeit diverse Patches verschiedener Bauarten zum Einsatz [15]. Dem Operateur steht heute eine Vielzahl bereits etablierter Patches zur Verfügung. Jedes dieser Präparate hat eigene spezifische mechanische Eigenschaften und findet einerseits als Zwischenstück in nicht verschließbaren Defekten Verwendung oder kann zur Verstärkung über die Sehne genäht werden (sog. Augmentation).

Nach heutiger Datenlage ist der Nutzen der Patches als reines Interponat umstritten. Hingegen konnte in Labormessungen gezeigt werden, dass die Augmentation mechanische Parameter wie Fließspannung („yield load“), Festigkeit („stiffness“) und Grenzlast („ultimate load“) verbessert und die Gewebespense rund ein Drittel der Last übernimmt [16]. Vor allem Sehnen mit reduzierten mechanischen Eigenschaften (Degeneration) profitieren somit von der Verstärkung und der Entlastung der empfindlichen Naht-Sehnen-Schnittstelle. Bei korrekter Vernäherung

und Verankerung wird die initiale Festigkeit der Sehnen-Knochen-Fixation nicht beeinträchtigt.

Die ersten klinischen Resultate waren zunächst noch sehr ernüchternd. Es kam häufig zu Entzündungen [17]. Mit resorbierbaren Patches konnte zunächst keine Verbesserung der Sehnenheilung nachgewiesen werden [18]. Aufgrund ermutigender Voruntersuchungen mit verschiedenen kommerziellen Patches (Graft Jacket™, Artelon® Tissue Reinforcement und Restore™ siehe unter Methodik) entschieden wir uns, bei massiven Rupturen der Rotatorenmanschette Patches zur Augmentation der Risse einzusetzen und zu untersuchen, ob

1. eine tiefe Rerupturrate in definierten Patientengruppen wie älteren Patienten (ab 6. Lebensjahrzehnt) sowie Patienten mit Revisionschirurgie erreicht werden kann und

2. ob die Verwendung verschiedener Patches ggf. auch zu unterschiedlichen Resultaten führt.

1. eine tiefe Rerupturrate in definierten Patientengruppen wie älteren Patienten (ab 6. Lebensjahrzehnt) sowie Patienten mit Revisionschirurgie erreicht werden kann und

2. ob die Verwendung verschiedener Patches ggf. auch zu unterschiedlichen Resultaten führt.

## Patienten/Methodik

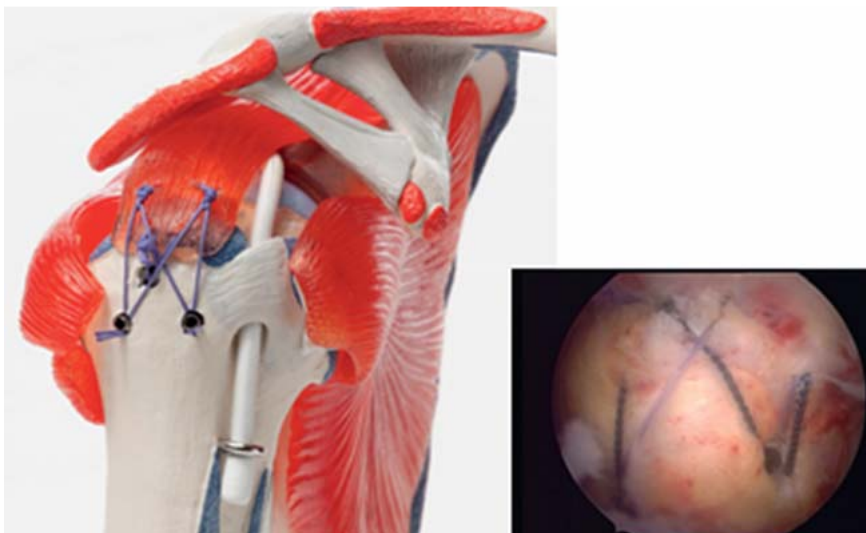
Grundsätzlich muss bei der Verwendung von Patches in der Rotatorenmanschettenchirurgie zwischen der Verstärkung einer vorhergehend rekonstruierten Sehne („Augmentation“) und dem Überdecken eines nicht verschließbaren Sehnendefekts („Bridging“, „Interponat“) unterschieden werden. Berücksichtigung fand im Rahmen unserer Veröffentlichung nur die Operationstechnik der Augmentation. Die Notwendigkeit einer alleinigen Überbrückung führte zum Studienausschluss.

Patienten, deren Muskelgewebe im vom Sehnen Schaden betroffenen Bereich bereits einen höheren Verfettungsgrad als II auf der Goutallier-Skala erreicht hatte [19] oder deren Schultergelenk deutliche Zeichen von Osteoarthritis aufwies, wurden nicht operiert. Als Massenruptur wurde die Ruptur mindestens zweier Sehnen definiert. Der Retraktionsgrad wurde in Anlehnung an Patte 3-stufig klassifiziert (I = ohne Retraktionszeichen, II = Sehnenrand zwischen Humeruskopf und Glenoid, III = Retraktion bis zum Glenoid).

Bei allen Patienten wurde vor dem Einbringen des Patches der zugrunde liegende Defekt geschlossen. Auch wenn ein anatomischer Verschluss der Läsion bei Vorliegen z. B. einer stark retrahierten Massenruptur nicht mehr gänzlich anliegend möglich war, ist immer zumindest ein Teilverschluss im Sinne einer Side-to-Side-Sehnennaht durchgeführt worden. Abschließend war bei allen Patienten unter dem Patch immer biologisches Material in Form der humanen Rotatorenmanschettensehnen vorhanden.

Sofern eine anatomische Repositionierung der gerissenen und auch retrahierten Sehnenanteile auf den Footprint möglich war, erfolgte die Refixation durch eine 2-reihige Sehnennaht. Ergänzt wurde diese 2-reihige Sehnennaht durch eine Suture Bridge der Fäden der medialen Reihe. Erst dann folgte die Augmentation mittels Patch.





**Abb. 1 a** und **b** Rekonstruktion der Supraspinatussehne mittels Triple-Row-Naht (doppelreihige Sehnennaht inklusive Suture Bridge) vor der eigentlichen Patch-Augmentation **a** am Modell und **b** in vivo (Arthroskopieaufnahme).

### Die Naht der Rotatorenmanschette

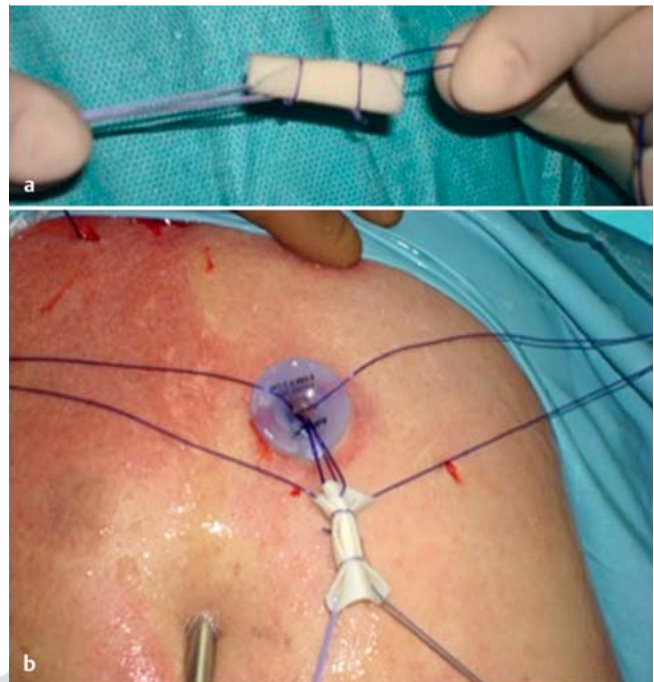
Die arthroskopische Visualisierung, das Débridement und die Sehnenmobilisation entsprachen dem allgemein bekannten Vorgehen. Beschrieben wird folgend die vor Sehnenaugmentation durchgeführte mehrreihige stabile Sehnennaht:

Prinzipiell erfolgte die Sehnennaht in 2-reihiger Technik. In der medialen Reihe fanden grundsätzlich 2–3 doppelarmierte Titananker (Fa. Orthomed) und in der lateralen Reihe 2 doppelarmierte PEEK-Anker (PEEK: Polyetheretherketon, 5,5 mm-Quattro/Fa. Cayenne Medical) Verwendung. Erst nach Reposition der Sehne auf den Footprint über die Fäden der lateralen Reihe wurden die Fäden der vorgelegten medialen Reihe spannungsfrei geknüpft. Durch diese Technik konnte die Strangulation und Traumatisierung des Sehngewebes auf ein Minimum reduziert werden. Zum Abschluss der Sehnennaht wurden die soeben geknoteten und noch lang belassenen Fäden der medialen Ankerreihe über die Rekonstruktion herüber gelegt und sehr weit lateral mittels zweier PEEK-Interferenzanker (Fa. IST) fixiert. So entstand zusätzlich zur doppelreihigen Sehnennaht eine Suture Bridge, welche die Steifigkeit im Sehnen-Knochen-Interface erhöhte (► **Abb. 1**). In den Fällen, bei denen eine solche „anatomische“ Reposition der Sehne auf den Footprint aufgrund irreversibler Sehnenretraktion oder schlechter Sehnenqualität nicht mehr möglich war, wurde ein Teilverschluss des Defekts (margin convergence nach Burkhart) angestrebt. Dieser erfolgte, indem durch Side-to-Side-Sehnennähte mittels Orthocordfäden der Defekt von medial nach lateral schrittweise verkleinert oder sogar knapp verschlossen wurde. Eine dabei natürlich eintretende Medialisierung des Footprints führte nicht zum Studienausschluss.

### Die Patch-Augmentation

Nachdem die primäre Rekonstruktion der Rotatorenmanschette abgeschlossen war, konnte mit der Augmentation der Sehne begonnen werden. Verwendung fanden folgende Patches:

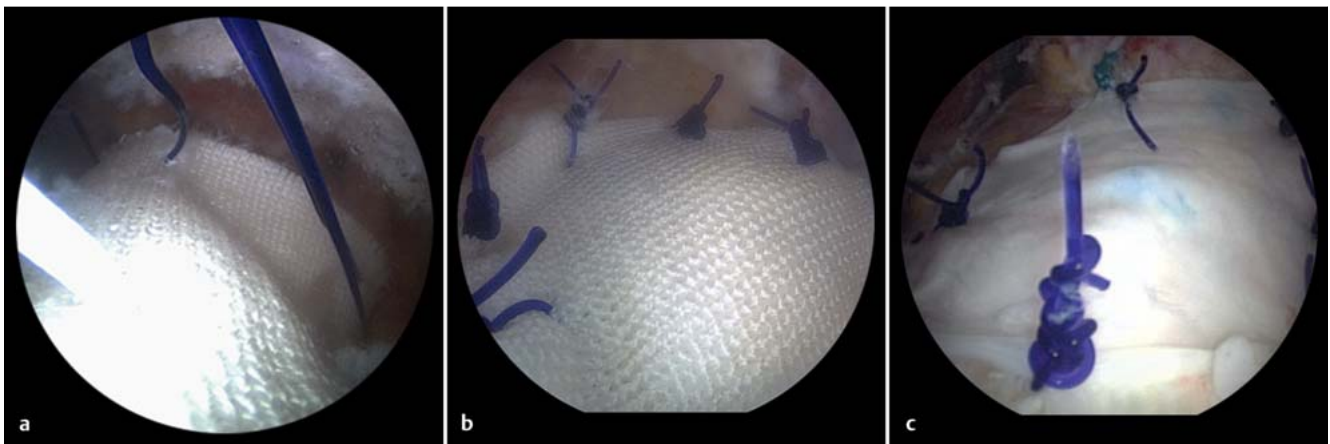
1. Graft Jacket™ (Fa. Wright), ein biologisches Matrixmaterial humanen Ursprungs bestehend aus einem Gerüst aus Kollagen I, II, IV und VII, Elastin, Chondroitin und Proteoglykanen.
2. Artelon® Tissue Reinforcement (Fa. Artelon), ein sehr langsam abbauendes Polyurethanharnstoff-Patch.
3. Restore™ (Fa. DuPuy) ein orthobiologisches Implantat aus 90% Kollagen, Lipiden und Spuren von Kohlenhydraten, welches sich im Verlauf der Sehnenheilung auflöst.



**Abb. 2 a** und **b** **a** Fertig vorbereitetes Artelon-Patch. **b** Artelon-Patch vorm Einziehen in den Subakromialraum über die vorgelegten medialen PDS-Shuttelfäden durch eine Passport-Kanüle.

Die Augmentation wurde in der sog. „Parachute-Technik“ durchgeführt. Hierfür erfolgte zunächst die Festlegung der Eckpunkte oder Ansatzpunkte der Naht an den Patches. Medial im Bereich des muskulotendinösen Übergangs wurden 2 (ventral und dorsal) nicht resorbierbare polyfile Fäden vorgelegt und lateral 2 PEEK-Anker (5,5 mm-Quattro/Fa. Cayenne Medical) gesetzt. Nach entsprechendem Fadenmanagement konnte dann das extrakorporal armierte Patch (► **Abb. 2**) eingezogen werden. Zuletzt wird das Patch durch zusätzliche (meist 3) Fäden an den Seiten an der Sehne fixiert, wodurch sich das Patch anatomisch fest über die Rekonstruktion spannte (► **Abb. 3**).

Das gesamte Patientenkollektiv (92) wurde randomisiert in fast 3 gleich große Gruppen eingeteilt. Bei jeweils 1 Patienten pro



**Abb. 3 a bis c** a Artelon-Patch beim Einzug in den Subakromialraum über vorgelegte PDS-Fäden medial (Arthroskopbild) intraoperativ. b Fertig mon-

tierter Artelon-Patch (Arthroskopbild) intraoperativ. c Fertig montierter Patch (Arthroskopbild) intraoperativ, hier vom Typ Restore.

Gruppe kam es zu einer unspezifischen Fremdkörperreaktion in Form einer Rötung der Schulter ca. 2 Wochen nach Implantation. Die CRP-Werte waren unauffällig. In den erwähnten 3 Fällen wurde eine bakteriologisch nicht belastete Flüssigkeitsansammlung arthroskopisch abpunktiert und der Patch arthroskopisch entfernt. Es verblieben 89 Patienten in den 3 verschiedenen Patches zugeordneten Studiengruppen. Diese wurden während mindestens 3 Jahren klinisch nachbetreut.

Postoperativ wurden Rerupturen mittels Magnetresonanztomografie (MRI) manifestiert (6 Monate postoperativ, danach lediglich im Falle eines Rezidivs). Die Untersuchung erfolgte extern bei einem unabhängigen Institut (Schmerz-, Rheuma- und Osteoporosezentrum, Pfäffikon, Schwyz oder Universitätsklinik Balgrist, Zürich) auf vollständige Dichte oder im Falle von geringfügigem Flüssigkeitsübertritt, wie er nach massiven Rupturen unvermeidlich ist, auf vollständige Integrität der Nähte inklusive Patch sowie keinerlei Retraktion der Sehnen [20]. Der Heilungsverlauf wurde durch Messung der subjektiven Schulterwerte und der Constant Clinical Scores [21] begutachtet.

Wie zu erwarten, war die Mehrheit der uns zugewiesenen oder spontan zugekommenen Patienten rechtsdominant. Mehr als 2 Drittel der Studienpatienten (62/89) hatten eine Rotatorenmanschettenruptur der rechten Schulter. Zwei Drittel (63/89) waren männlichen Geschlechts.

Es waren mindestens 2 Sehnen zu rekonstituieren (Supraspinatus [SS], Infraspinatus [IS], Subscapularis [SC]) was einen entsprechend breiten Patch zur Versorgung der Massenruptur bedingte. Die Auswahl der einzelnen Patches erfolgte nach vorheriger Aufklärung der Patienten bez. der verwendbaren Modelle.

## Patch-Kompositmaterialien

### Kohorte A

In Kohorte A erhielten 28 Patienten (8 weiblich/20 männlich) im Alter (zum Zeitpunkt der Operation) von 51 bis 81 Jahren eine Augmentation mit Graft Jacket. Das Durchschnittsalter lag bei 66,39 Jahren, der mediane und der modale Alterswert lagen jeweils bei 68 Jahren, die Standardabweichung bei 7,93 Jahren. 16 der 28 Patienten wurden primär versorgt; sie erlitten zum ersten Male eine Ruptur der Rotatorenmanschette. Bei 12 Patienten handelte es sich um eine Reruptur nach einer bereits bestehenden früheren Re-Insertion der Rotatorenmanschette (◀ Tab. 1, Patch-Augmentation mit Graft Jacket).

### Kohorte B

In Kohorte B erhielten 32 Patienten (9 weiblich/23 männlich) im Alter (Zeitpunkt der Operation) von 52 bis 79 Jahren eine Augmentation mit Artelon Tissue Reinforcement. Das Durchschnittsalter lag bei 68 Jahren, der mediane Alterswert zwischen 68 und 69, die Standardabweichung bei 7,52 Jahren. Der modale Alterswert betrug 68 Jahre. 19 der 32 Patienten wurden primär versorgt: Sie erlitten zum ersten Male eine Ruptur der Rotatorenmanschette. Bei 13 Patienten handelte sich um eine Reruptur (◀ Tab. 2, Patch-Augmentation mit Artelon).

### Kohorte C

In Kohorte C erhielten 29 Patienten (9 weiblich/20 männlich) im Alter (Zeitpunkt der Operation) von 50 bis 82 Jahren eine Augmentation mit Restore. Das Durchschnittsalter lag bei 68,14 Jahren, der mediane und der modale Alterswert bei 67, die Standardabweichung bei 6,72 Jahren. 17 der 29 Patienten wurden primär versorgt: Sie erlitten zum ersten Male eine Ruptur der Rotatorenmanschette. Bei 12 Patienten handelte sich um eine Reruptur (◀ Tab. 3, Patch-Augmentation mit Restore).

## Ergebnisse



### Kohorte A

Nach Ablauf der 1. 6-monatigen Kontrollperiode waren 14 von 16 Patienten der Kohorte A mit primärer Ruptur und Reparatur mittels Graft-Jacket-Patch-Augmentation ohne Infekte oder Fremdkörperreaktionen und einer Rotatorenmanschette, die in der MRI-Kontrolluntersuchung keine Sehnenrisse oder Infiltrationen zeigte. Die rein anatomisch-operative Erfolgsquote lag damit bei 87,5%. Bei 12 Patienten lag eine Reruptur nach einer bereits bestehenden Re-Insertion der Rotatorenmanschette vor. Nach der Revisionschirurgie blieben 8 von 12 behandelten Rotatorenmanschetten dicht, was einer Erfolgsquote von 66,7% entspricht.

Der subjektive Schulterwert der Patienten verbesserte sich statistisch signifikant ( $p = 0,002$ ) von durchschnittlich 4,32 ( $\pm 0,82$ ) auf 8,18 ( $\pm 1,12$ ) 6 Monate postoperativ und 9,11 ( $\pm 1,22$ ) 3 Jahre postoperativ, der Constant Score (CS) von 47,29 ( $\pm 7,29$ ) auf 81,43 ( $\pm 11,37$ ) nach 6 Monaten ( $p = 0,002$ ). Der CS-Wert verbesserte sich bei erfolgreich rekonstituierten Patienten von durchschnittlich 47,05 ( $\pm 7,6$ ) auf 83,6 ( $\pm 7,51$ ;  $p = 0,002$ ), bei Reruptur von

Tab. 1 Patch-Augmentation mit Graft Jacket. Patientenprofile und Ergebnisse.

Pa-tient	Sehnen-riss	Retrak-tionsgrad (Patte)	Seite	Alter	Gou-taillier	Reruptur	MRI	CS prä.	CS post.	SSV prä.	SSV post. 6 Monate	SSV post. 3 Jahre
1	SS/IS	II	re	52	1	ja	dicht	42	79	3	9	9
2	SS/IS	I	re	55	1	ja	dicht	51	77	4	8	9
3	SS/IS	III	re	73	2	nein	dicht	36	72	3	8	10
4	SS/IS	I	li	76	1	nein	dicht	44	85	4	9	10
5	SS/IS	III	li	69	2	ja	Reruptur	47	72	5	8	10
6	SS/IS	III	li	70	1	nein	dicht	55	92	4	9	10
7	SS/IS	III	re	63	1	ja	dicht	64	89	5	9	10
8	SS/IS	III	li	58	2	ja	dicht	42	72	4	6	8
9	SS/IS	III	re	68	2	nein	dicht	51	79	3	8	9
10	SS/IS	III	re	61	1	ja	dicht	62	91	6	9	9
11	SS/SC/IS	II	re	55	1	ja	Reruptur	39	49	4	6	8
12	SS/IS	II	re	72	0	nein	dicht	37	94	3	9	10
13	SS/IS	III	li	68	1	nein	dicht	52	84	4	8	10
14	SS/SC	III	re	81	2	nein	Reruptur	59	89	4	9	9
15	SS/IS	III	re	64	0	ja	Reruptur	48	92	5	9	10
16	SS/SC/IS	III	re	68	1	nein	dicht	42	88	4	8	9
17	SS/SC	II	re	76	1	nein	dicht	39	83	5	9	9
18	SS/SC/IS	III	re	70	1	nein	dicht	48	79	4	8	9
19	SS/IS	III	re	71	1	nein	dicht	44	93	5	9	10
20	SS/SC/IS	II	li	68	1	ja	Reruptur	51	87	5	8	8
21	SS/SC/IS	II	re	65	1	nein	dicht	42	92	4	9	9
22	SS/SC/IS	III	li	69	2	nein	dicht	54	85	5	8	10
23*	SS/SC/IS	III	re	69	1	nein	dicht	39	69	4	5	5
24	SS/SC/IS	II	re	66	1	ja	dicht	43	75	4	9	10
25	SS/SC/IS	I	re	76	1	nein	dicht	52	82	6	8	10
26*	SS/SC/IS	I	re	74	2	nein	Reruptur	48	52	4	6	6
27	SS/IS	III	re	51	1	ja	dicht	45	88	5	9	9
28	SS/SC/IS	II	re	51	1	ja	dicht	51	91	5	9	10

\* > 6 Monate nach OP inverse Schulterprothese wegen Reruptur; CS: Constant Score; SSV: subjektiver Schulterwert

48,67 ( $\pm 6,47$ ) auf 73,5 ( $\pm 19,13$ ;  $p = 0,02$ ). Patienten, bei denen die Rotatorenmanschette nicht komplett rekonstituiert werden konnte, wiesen nach 6 Monaten einen durchschnittlichen subjektiven Schulterwert (SSV) von 7,67 ( $\pm 1,25$ ) und nach 3 Jahren von 8,35 ( $\pm 1,38$ ) auf, bei präoperativ 4,5 ( $\pm 0,5$ ),  $p = 0,02$ . Demgegenüber zeigten Patienten mit klinisch dichtem Verschluss der Rotatorenmanschette einen durchschnittlichen SSV nach 6 Monaten von 8,29 ( $\pm 1,06$ ) und nach 3 Jahren von 9,24 ( $\pm 1,14$ ) bei einem durchschnittlichen Wert von 4,24 ( $\pm 0,89$ ) präoperativ,  $p = 0,002$ .

### Kohorte B

Nach Ablauf der halbjährigen 1. Kontrollperiode waren 14 von 19 Patienten aus der Kohorte B mit primärer Ruptur und Reparatur mittels Arton Tissue Reinforcement ohne Infekte oder Fremdkörperreaktionen und einer Rotatorenmanschette, die in der MRI-Kontrolluntersuchung keine Infiltrationen oder Sehnenrisse zeigte. Einer dieser Patienten hatte sich jedoch bereits vor diesem Kontrolltermin bei einem schweren Sturz eine erneute Ruptur der Supraspinatussehne zugezogen. Inklusiv dieses Falles lag die Erfolgsquote bei 73,7%. Unter Ausklammerung dieses Patienten käme die Erfolgsquote auf 77,8% zu liegen.

Bei 13 Patienten lag zunächst eine Reruptur vor. Nach der Revisionschirurgie blieben 9 der 13 behandelten Rotatorenmanschetten dicht, was einer Erfolgsquote von 69,2% entspricht. Im 6-monatigen Kontrollintervall verbesserte sich der Constant Score von 46,18 ( $\pm 9,57$ ) auf 81,34 ( $\pm 11,06$ ),  $p = 0,002$ . Der CS-Wert verbesserte sich bei erfolgreich rekonstituierten Patienten von durchschnittlich 46,46 ( $\pm 9,85$ ) auf 83,42 ( $\pm 7,41$ ), bei Reruptur von

45,38 ( $\pm 9,26$ ) auf 75,13 ( $\pm 19$ ),  $p = 0,02$ . Der subjektive Schulterwert lag präoperativ bei 3,53 ( $\pm 1,16$ ) und verbesserte sich bei allen Patienten 6 Monate post operationem auf 8,16 ( $\pm 1,42$ ) und 3 Jahre post operationem auf 9,31 ( $\pm 1,03$ ),  $p = 0,002$ . Patienten, deren Rotatorenmanschette nicht komplett rekonstituiert werden konnte, wiesen nach 6 Monaten einen durchschnittlichen SSV von 7,125 ( $\pm 2,03$ ) und nach 3 Jahren von 9 ( $\pm 1,69$ ) auf, bei 3,88 ( $\pm 1,13$ ) präoperativ,  $p = 0,02$ . Komplett rekonstituierte Patienten hatten SSV nach 6 Monaten von 8,5 ( $\pm 0,98$ ) und nach 3 Jahren von 9,3 ( $\pm 0,66$ ) bei einem durchschnittlichen Wert von 3,42 ( $\pm 1,17$ ) präoperativ,  $p = 0,002$ .

### Kohorte C

Nach Ablauf der halbjährigen Kontrollperiode waren 11 von 17 Patienten aus der Restore-Kohorte C weitgehend beschwerdefrei, ohne Fremdkörperreaktionen oder Infekte. Die Rotatorenmanschette zeigte im MRI-Bild keinerlei Infiltration oder Risse. Die Erfolgsquote lag damit bei 64,7%. Im 6-monatigen Kontrollintervall verbesserte sich der subjektive Schulterwert von durchschnittlich 2,90 ( $\pm 1,05$ ) auf 8,21 ( $\pm 1,61$ ), der Constant Score von 41,03 ( $\pm 9,57$ ) auf 78,45 ( $\pm 12,33$ ;  $p = 0,002$ ) und nach 3 Jahren lag der SSV bei 9,45 ( $\pm 0,63$ ;  $p = 0,002$ ).

Bei 12 Patienten lag eine Reruptur vor. Nach der Revisionschirurgie blieb bei 7 von 12 behandelten Patienten die Rotatorenmanschette intakt, was einer Erfolgsquote von 58,3% entspricht. Der CS-Wert verbesserte sich bei erfolgreich rekonstituierten Patienten von durchschnittlich 42,94 ( $\pm 10,60$ ) auf 83,72 ( $\pm 5,99$ ), bei Reruptur von 37,91 ( $\pm 10,62$ ) auf 69,82 ( $\pm 15,26$ ),  $p = 0,02$ . Patien-



Tab. 2 Patch-Augmentation mit Artelon. Patientenprofile und Ergebnisse.

Pa- tient	Sehnen- riss	Retrak- tionsgrad (Patte)	Seite	Alter	Gou- taillier	Reruptur	MRI	CS prä.	CS post.	SSV prä.	SSV post. 6 Monate	SSV post. 3 Jahre
1	SS/IS	IV	re	67	2	ja	dicht	45	90	3	10	10
2	SS/IS	III	re	53	2	ja	dicht	48	85	1	9	10
3	SS/SC/IS	II	re	74	1	nein	dicht	51	92	3	10	9
4	SS/SC/IS	I	li	69	2	ja	dicht	47	91	4	9	10
5	SS/SC/IS	I	re	58	1	ja	dicht	52	86	4	9	10
6	SS/IS	II	li	76	1	nein	dicht	42	83	3	9	9
7	SS/IS	III	li	76	1	nein	dicht	47	86	3	8	8
8	SS/SC	III	re	75	1	nein	Reruptur	43	66	3	6	9
9	SS/SC/IS	III	re	77	1	nein	dicht	38	88	2	9	10
10	SS/IS	II	re	69	2	nein	dicht	26	84	2	8	10
11	SS/IS	II	re	52	1	ja	dicht	54	92	3	10	9
12	SS/IS	I	re	61	2	ja	Reruptur	48	84	5	7	10
13	SS/SC	III	re	69	1	ja	dicht	56	87	3	8	10
14*	SS/IS	I	re	59	2	ja	Reruptur	32	42	2	3	5
15	SS/IS	I	re	76	1	nein	dicht	44	82	5	9	9
16	SS/SC/IS	II	li	71	1	nein	dicht	24	75	1	8	9
17	SS/SC	III	re	68	1	nein	Reruptur	50	90	4	9	9
18	SS/IS	II	re	71	1	nein	dicht	58	76	4	7	8
19	SS/IS	II	re	60	1	ja	Reruptur	48	68	5	7	10
20	SC/IS	II	li	77	2	nein	dicht	64	85	4	9	10
21**	SS/IS	III	re	68	1	nein	Reruptur	60	92	5	9	9
22	SC/IS	III	li	77	1	nein	dicht	42	76	4	7	9
23	SS/SC/IS	II	re	66	2	nein	dicht	50	86	3	9	10
24	SC/IS	II	re	79	2	nein	dicht	44	72	4	8	10
25	SS/SC/IS	I	re	67	1	ja	Reruptur	33	68	3	7	10
26	SS/SC/IS	II	li	65	2	nein	dicht	37	60	4	6	8
27	SS/IS	I	re	53	1	ja	dicht	62	84	4	8	10
28	SS/IS	III	li	75	2	nein	dicht	48	92	4	9	10
29	SS/IS	II	li	62	2	ja	dicht	37	87	5	8	9
30	SS/SC/IS	I	re	68	1	nein	dicht	56	82	6	9	9
31	SS/IS	III	li	73	1	nein	Reruptur	49	91	4	9	10
32	SS/IS	I	re	63	2	ja	dicht	43	81	3	8	10

\* >0,6 Monate nach OP inverse Schulterprothese wegen Reruptur; \*\* Ruptur der Rotatorenmanschette kurz nach OP aufgrund Sturz

ten, deren Rotatorenmanschette nicht komplett rekonstituiert werden konnte, wiesen nach 6 Monaten einen durchschnittlichen SSV von 7,27 ( $\pm 2$ ) und nach 3 Jahren von 9,27 ( $\pm 0,65$ ) auf, bei 3,18 ( $\pm 1,08$ ) präoperativ,  $p=0,02$ . Komplett rekonstituierte Patienten hatten SSV nach 6 Monaten von 8,78 ( $\pm 1$ ) und nach 3 Jahren von 9,56 ( $\pm 0,62$ ) bei einem durchschnittlichen Wert von 2,72 ( $\pm 1,02$ ) präoperativ,  $p=0,002$ .

### Ergebnisse für alle Patches

Über alle verwendeten Patches hinweg (Tab. 4) betrug die operative Erfolgsquote bei primärer Rekonstitution der Rotatorenmanschette 39 von 52 respektive 75%. In der Revisionschirurgie betrug diese noch 24 von 37 oder 64,9%. Nach 6 Monaten führt die Rekonstitution der Rotatorenmanschette mittels Patch-Augmentation rasch zu einer deutlichen Verbesserung der klinischen Werte sowohl im CS als auch SSV. Der subjektive Schulterwert verbesserte sich langfristig (3 Jahre) nochmals deutlich, wobei Patienten mit anatomisch erfolgreich rekonstituierten Rotatorenmanschetten generell etwas höhere Werte aufwiesen, dies sowohl nach 6 Monaten als auch nach 3 Jahren. Die klinischen Werte verbessern sich aber, wie in der Literatur bekannt, auch unabhängig vom anatomischen Erfolg der Rekonstitution deutlich (Tab. 5).

### Diskussion



Die Tatsache, dass die von uns betreuten Patientengruppen zu mehr als 2 Dritteln eine Rotatorenmanschettenruptur der rechten Schulter aufwiesen, kann einerseits auf einen erhöhten Leidensdruck dieser Patienten zurückzuführen sein. Andererseits wird die rechte Schulter bei rechtsdominanten Menschen stärkeren Belastungen ausgesetzt, was per se ebenfalls genügt, um eine höhere Prävalenz rechtsseitiger Rotatorenmanschettschädigungen zu erklären. Metastudien belegen, dass mit zunehmendem Alter die Häufigkeit von Schädigungen auf rund 30 von 100 ansteigt [22]. Ab Alter 80 erreicht die Prävalenz die 50%-Schwelle [23]. Rupturen der Rotatorenmanschette stellen für betroffene Patienten nicht nur eine starke berufliche Einschränkung dar, sie mindern auch in nicht unerheblichem Maße die Lebensqualität, weshalb auch älteren Patienten, je nach Leidensdruck, eine Operation nicht zu verweigern ist. Vor diesem Hintergrund sind unsere klinischen Scores sehr erfreulich. Unsere Studienergebnisse zeigen, dass die Heilungschance, definiert als operativ dichter Verschluss der Rotatorenmanschette ohne Ruptur einer rekonstituierten Sehne, bei diesen Patienten unabhängig von der Art des verwendeten Patches generell größer als 50% ist. Dies ist umso bemerkenswerter, als bei Patientenkohorten, die im Schnitt bereits deutlich das Pensionsalter erreicht haben, die Erfolgsaussichten allein aufgrund der schlechteren körpereigenen Gewebe-

Tab. 3 Patch-Augmentation mit Restore. Patientenprofile und Ergebnisse.

Pa-tient	Sehnen-riss	Retrak-tionsgrad (Patte)	Seite	Alter	Gou-taillier	Reruptur	MRI	CS prä.	CS post.	SSV prä.	SSV post. 6 Monate	SSV post. 3 Jahre
1	SS/SC/IS	III	re	66	2	nein	dicht	42	88	3	9	9
2	SS/IS	III	li	67	2	nein	dicht	33	69	2	8	9
3	SS/SC/IS	III	re	70	1	nein	Reruptur	35	55	3	6	9
4	SS/SC/IS	III	re	75	2	nein	dicht	28	86	1	9	10
5	SS/SC/IS	III	re	67	2	ja	dicht	31	82	2	8	9
6	SS/IS	II	re	50	1	ja	dicht	50	93	3	10	10
7	SS/SC/IS	III	re	82	2	nein	Reruptur	30	45	2	5	10
8	SS/IS	III	li	74	1	nein	dicht	42	80	3	10	10
9	SS/SC	II	li	70	0	ja	dicht	48	82	3	9	10
10	SS/SC/IS	III	re	68	1	nein	dicht	45	83	2	8	10
11	SS/IS	III	re	59	1	ja	Reruptur	48	76	3	7	9
12	SS/IS	II	re	72	0	ja	Reruptur	37	80	4	10	9
13	SS/SC/IS	II	re	78	1	nein	Reruptur	38	56	2	5	8
14	SS/SC/IS	III	re	67	2	nein	dicht	61	89	5	9	10
15	SS/SC	II	li	66	2	nein	Reruptur	58	91	5	10	10
16	SS/SC/IS	III	li	57	1	ja	dicht	43	92	2	9	9
17	SS/IS	I	re	64	0	ja	Reruptur	38	82	4	7	9
18	SS/SC/IS	II	li	66	2	nein	Dicht	47	80	3	8	8
19	SS/SC/IS	II	li	81	2	nein	Reruptur	36	85	2	10	10
20	SS/SC	II	re	65	1	ja	dicht	42	77	3	10	10
21	SS/IS	II	re	58	1	ja	dicht	32	90	1	10	10
22	SS/IS	II	li	73	2	nein	Reruptur	31	78	2	8	10
23	SS/SC/IS	III	re	67	2	nein	dicht	32	86	3	9	10
24	SS/IS	II	re	65	0	ja	Reruptur	48	66	4	5	9
25	SS/IS	II	li	72	0	nein	dicht	30	76	2	6	9
26	SS/IS	II	re	72	1	nein	dicht	55	85	3	9	10
27	SS/IS	II	re	67	1	ja	dicht	64	84	4	9	9
28	SS/IS	III	re	70	1	nein	dicht	48	85	4	8	10
29	SS/IS	II	li	68	1	ja	Reruptur	18	54	4	7	9

qualität deutlich gemindert sind. Aus demselben Grund kommt es auch immer häufiger mit zunehmendem Alter zu Rerupturen. Tendenziell liegt die Rerupturrate in der Revisionchirurgie höher als bei primär versorgten Patienten. Die zum Teil massive Vorschädigung dürfte hierfür die Ursache sein. Nichtsdestotrotz konnten auch in der Revisionschirurgie ausgezeichnete Resultate für sämtliche verwendeten Patches erzielt werden – weit mehr als die Hälfte der Patienten wurde auch hier erfolgreich operiert. In der primären Re-Insertionschirurgie lagen die Ergebnisse entsprechend noch etwas höher (75 vs. ca. 65%).

Die klinischen Scores verbesserten sich nach erfolgter Operation bei allen Patienten deutlich und legten auch im 3-Jahres-Zeitraum noch einmal geringfügig, aber statistisch signifikant zu, wobei auch diejenigen Patienten, deren Rotatorenmanschette nach MRI-Kontrolle als nicht dicht schließend charakterisiert wurde, klar bessere klinische Ergebnisse zeigten im Vergleich zum präoperativen Status. Die Scores lagen hier jedoch generell niedriger als bei Patienten mit anatomisch dichtem Verschluss,

Tab. 4 „Spontane“ Rerupturraten bei Re-Insertionschirurgie der Rotatorenmanschette.

	Rerupturrate (in %)		
	Graft Jacket™	Artelon® Tissue Re.	Restore™
primäre Re-Insertion	12,5	22,2*	35,3
Revision	33,3	30,8	41,7
Durchschnitt	22,9**	26,5	38,5

\* unter Ausklammerung des schwer gestürzten Patienten; \*\* einseitiger Z-Test zwischen den 3 verwendeten Patches liefert statistisch signifikanten Unterschied zw. Graft Jacket und Restore:  $Z = 1,3615$ ;  $p = 0,08692$ , 90%-Vertrauensintervall

und zwar um rund 10 Punkte in den Clinical Scores und um knapp 1 Einheit im langfristigen subjektiven Schulterwert. Offenbar führt selbst bei nur teilweise erfolgreicher Rekonstitution (intakter Patch, aber mindestens 1 von 3 Sehnen nicht verheilt) die Stabilisierung der Rotatorenmanschette durch die Patches, das

Tab. 5 Klinische Scores nach Patch-Augmentation der Rotatorenmanschette.

	Graft Jacket™	Artelon® Tissue Re.	Restore™
subjektiver Schulterwert präoperativ	4,32 (± 0,82)	3,53 (± 1,16)	2,90 (± 1,05)
subj. Schulterwert postop. (6 Monate)	8,18 (± 1,12)	8,16 (± 1,46)	8,21 (± 1,61)
subj. Schulterwert postop. (3 Jahre)	9,11 (± 1,23)	9,31 (± 1,03)	9,45 (± 0,63)
Constant Score präoperativ	47,29 (± 7,29)	46,18 (± 9,57)	41,03 (± 9,57)
Constant Score postoperativ (6 Monate)	81,43 (± 11,37)	81,34 (± 11,06)	78,45 (± 12,33)



Débridement, das Anfrischen und die fixierende Naht der Sehnenansätze sowie die subakromiale Dekompression bei allen Patienten in summa zu einer signifikanten funktionalen und subjektiven Verbesserung. Ein kompletter Verschluss der Rotatorenmanschette verbessert die Scores weiter. Die Verwendung verschiedener Patches führt zumindest zu keinem statistisch signifikanten Unterschied (zwischen den einzelnen Patches) bei den klinischen Werten, jedoch bei der anatomisch-operativen Erfolgsrate: Die Ergebnisse des Restore-Patches fielen hier gegenüber Artelon Tissue Reinforcement und Graft Jacket ab. Restore ist ein Implantat, das sich während des Sehnenheilungsprozesses auflöst. Im Vergleich zu Artelon Tissue Reinforcement und vor allem Graft Jacket entfällt daher in der Heilungsphase progressiv die Augmentation. Die etwas schwächeren Ergebnisse dieses Patches in Bezug auf die Rerupturrate der Sehnen lassen sich so erklären. Seit 2010 verwenden wir daher dieses Implantat nicht mehr. Aus ethischen Gründen können wir bei Massenrupturen in unserer Klinik keine randomisierte Vergleichsstudie mit Patienten ohne Augmentation durchführen, da wir bereits seit knapp 10 Jahren aufgrund positiver Erfahrung bez. Verträglichkeit und finalem Endpunkt (mindestens klinisch dichter Verschluss, mind. 120° Abduktion) generell die Patch-Augmentation anwenden. Vergleichbare Studien und Metastudien in diesem Bereich zeigen Erfolgsraten bei gravierenden Rupturen der Rotatorenmanschette von 43 bis 59%, entsprechend Rerupturraten zwischen 41 und 57% [24–28]. Auch in der Revisionschirurgie schwanken die Erfolgsraten um die 50%-Schwelle [29, 30], wobei erfahrungsgemäß die Zahl der Rerupturen über die Zeit zunimmt [30]. Im 3-jährigen postoperativen Beobachtungszeitraum erzielten wir mit allen 3 verwendeten Patches im Vergleich zu diesen Werten überdurchschnittliche Resultate, wobei die Augmentation mit Graft Jacket zu besonders stabilem Verschluss zu führen scheint.

### Schlussfolgerung

Insbesondere bei Massenrupturen senkt die Patch-Augmentation die Rerupturraten sowohl in der primären als auch in der Re-Insertionschirurgie. Es ist anzunehmen, dass sich die Patch-Augmentation auch Monate bis Jahre nach der Operation auszahlt, weil die Rotatorenmanschette nachhaltig stabilisiert wird. Dies dürfte mit ein Grund für die besonders guten Resultate des nicht resorbierten Graft-Jacket-Patches sein. Inerte nicht resorbierbare Patches sind daher gegenüber biologisch abbaubaren Materialien vorzuziehen. Randomisierte Kontrollversuche ohne Augmentation wären zwar aus wissenschaftlicher Sicht wünschenswert, sind aber bei uns in der Praxis aufgrund der sehr guten Resultate der Patch-Augmentation bei Zwei- und Mehrsehnenrupturen bereits nicht mehr vertretbar. Wünschenswert wären auch Langzeitstudien – warum nicht mit Unterstützung der Krankenkassen? – über Beobachtungszeiträume von mehr als 3 Jahren. Die durch Patches verursachten Zusatzkosten liegen im einstelligen Prozentbereich, weshalb sich weitere Untersuchungen im Sinne einer Evidence based Medicine sicher aufdrängen. Nach anfänglich skeptischer Einschätzung gewährt die Patch-Augmentation bei massiven Rupturen der Rotatorenmanschette und schlechter Gewebequalität im Klinikalltag für Patienten auch eine deutliche Verbesserung bez. Schmerz und Funktion. Die heutigen Fortschritte in den Materialwissenschaften – inerte, stabile und gleichzeitig leichte und flexible Patches werden im klinischen Alltag gebraucht – stimmen für die Weiterentwicklung dieser Operationstechnik optimistisch. In der Praxis sollte sie sich, ins-

besondere bei gravierenden Verletzungen der Rotatorenmanchette mit schlechter Prognostik, durchsetzen.

**Interessenkonflikt:** Mitentwickler eines Patches der 2. Generation.

### Literatur

- 1 Oh JH, Kim SH, Kang JY et al. Effect of age on functional and structural outcome after rotator cuff repair. *Am J Sports Med* 2010; 38: 672–678
- 2 Calvin AC, Egorovan N, Harrison AK et al. National trends in rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94: 227–233
- 3 Kim KC, Shin HD, Lee WY. Repair integrity and functional outcomes after arthroscopic suture-bridge rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94: e481–486
- 4 Cole BJ, El Attrache NS, Anbari A. Arthroscopic rotator cuff repairs: an anatomic and biomechanical rationale for different suture-anchor repair configurations. *Arthroscopy* 2007; 23: 662–669
- 5 Bishop J, Klepps S, Lo IK et al. Cuff integrity after arthroscopic versus open rotator cuff repair: a prospective study. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 15: 290–299
- 6 Griffin D, Dunbar M, Boileau P. Is arthroscopic surgery for stabilisation of chronic shoulder instability as effective as open surgery? A systematic review and meta-analysis of 62 studies including 3044 arthroscopic operations. *J Bone Joint Surg Br* 2007; 89: 1188–1196
- 7 Lafosse L, Brozka R, Toussaint B et al. The outcome and structural integrity of arthroscopic rotator cuff repair with use of the double-row suture anchor technique. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 1533–1541
- 8 Isaac C, Gharaibeh B, Witt M et al. Biologic approaches to enhance rotator cuff healing after injury. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21: 181–190
- 9 Gulotta L, Rodeo SA. Growth factors in rotator cuff repair. *Clin Sports Med* 2009; 28: 13–23
- 10 Randelli P, Arrigoni P, Ragone V et al. Platelet rich plasma in arthroscopic rotator cuff repair: a prospective RCT study, 2-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg* 2011; 20: 518–528
- 11 Randelli PS, Arrigoni P, Cabitza P et al. Autologous platelet rich plasma for arthroscopic rotator cuff repair. A pilot study. *Disabil Rehabil* 2008; 30: 1584–1589
- 12 Adams JE, Zobitz ME, Reach JS jr. et al. Rotator cuff repair using an acellular dermal matrix graft: an in vivo study in a canine model. *Arthroscopy* 2006; 22: 700–709
- 13 Cole BJ, Gomoll AH, Yanke A et al. Biocompatibility of a polymer patch for rotator cuff repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007; 15: 632–637
- 14 Nicholson GP, Breur GJ, Van Sickle D et al. Evaluation of a cross-linked acellular porcine dermal patch for rotator cuff repair augmentation in an ovine model. *J Shoulder Elbow Surg* 2007; 16 (Suppl. 5): S184–S190
- 15 Derwin KA, Badyal SF, Steinmann SP et al. Extracellular matrix scaffold devices for rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg* 2010; 19: 467–476
- 16 McCarron JA, Milks RA, Chen X et al. Improved time-zero biomechanical properties using poly-L-lactic acid graft augmentation in a cadaveric rotator cuff repair model. *J Shoulder Elbow Surg* 2010; 19: 688–696
- 17 Walton JR, Bowman NK, Khatib Y et al. Restore orthobiologic implant: not recommended for augmentation of rotator cuff repairs. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 786–791
- 18 Iannotti JP, Codsì MJ, Kwon YW et al. Porcine small intestine submucosa augmentation of surgical repair of chronic two-tendon rotator cuff tears. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 1238–1244
- 19 Goutallier D, Postel JM, Gleyze P et al. Influence of cuff muscle fatty degeneration on anatomic and functional outcomes after simple suture of full-thickness tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2003; 12: 550–554
- 20 Motamedi AR, Urrea LH, Hancock RE et al. Accuracy of magnetic resonance imaging in determining the presence and size of recurrent rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 6–10
- 21 Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 1987; 214: 160–164
- 22 Reilly P, Macleod I, Macfarlane R et al. Dead men and radiologists don't lie: a review of cadaveric and radiological studies of rotator cuff tear prevalence. *Ann R Coll Surg Engl* 2006; 88: 116–121
- 23 Tashjian RZ. Epidemiology, natural history, and indications for treatment of rotator cuff tears. *Clin Sports Med* 2012; 31: 589–604
- 24 Bartl C, Kouloumentas P, Holzapfel K et al. Long-term outcome and structural integrity following open repair of massive rotator cuff tears. *Int J Shoulder Surg* 2012; 6: 1–8

- 25 Gerber C, Fuchs B, Hodler J. The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 505–515
- 26 Kim JR, Cho YS, Ryu KJ *et al.* Clinical and radiographic outcomes after arthroscopic repair of massive rotator cuff tears using a suture bridge technique: assessment of repair integrity on magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med* 2012; 40: 786–793
- 27 Miller BS, Downie BK, Kohen RB *et al.* When do rotator cuff repairs fail? Serial ultrasound examination after arthroscopic repair of large and massive rotator cuff tears. *Am J Sports Med* 2011; 39: 2064–2070
- 28 Zumstein MA, Jost B, Hempel J *et al.* The clinical and structural long-term results of open repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 2008; 90: 2423–2431
- 29 Kowalsky MS, Keener JD. Revision arthroscopic rotator cuff repair: repair integrity and clinical outcome: surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93: 62–74
- 30 Shamsudin A, Lam PH, Peters K *et al.* Revision versus primary arthroscopic rotator cuff repair. a 2-year analysis of outcomes in 360 patients. *Am J Sports Med* 2015; 43: 557–564

