



# Arthroskopische ankerfreie transossäre Naht

Die arthroskopische transossäre Rotatorenmanschettenrekonstruktion (ATR) ist eine Weiterentwicklung des transossären Standards, welche mit den ankerbasierten Techniken in Bezug auf die biomechanischen Eigenschaften und die patientenspezifischen Ergebnisse vergleichbar ist. Damit bietet sich die arthroskopische transossäre Rotatorenmanschettenrekonstruktion als eine biologische, standardisierte und kostenoptimierte Alternative zur arthroskopischen ankerbasierten Technik an.

**D**ie operative Behandlung eines Rotatorenmanschettendefektes hat sich in den letzten Jahrzehnten umfangreich entwickelt. Im Hinblick darauf, die Schulterfunktion durch die Rekonstruktion der Rotatorenmanschette wiederherzustellen, hat Codman bereits 1911 die Grundlagen für die transossäre Refixation der Sehnen beschrieben. Bis heute wird diese direkte, offene Technik als Goldstandard erachtet. Die Technik führt zu guten bis sehr guten klinischen Ergebnissen und ihre Effektivität ist in biomechanischen Untersuchungen bestätigt worden.

Mit Einführung der Schulterarthroskopie in den 1990er-Jahren wurden arthroskopische Techniken entwickelt, die eine ausgezeichnete Stabilität der Rekonstruktion und damit auch ausgezeichnete klinische Ergebnisse erreichen. Für den routinierten Schulterarthroskopeur hat die arthroskopische Technik verschiedene Vorteile gegenüber der offenen. Dazu gehören u.a. die Inspektion des glenohumeralen Gelenkes, die komplette Analyse des Läsionsmusters, eine detaillierte Mobilisation der Sehnen, ein reduziertes Infektrisiko, ein geringeres Weichteiltrauma, ein kosmetisch günstigeres Ergebnis sowie verminderte frühe postoperative Schmerzen.

Für die arthroskopische Rotatorenmanschettenrekonstruktion werden verschiedene ein- oder mehrreihige Fixationstechniken verwendet. Meist beruhen diese auf der primären Fixation mit Ankern und einer Naht mit reissfesten, flexiblen Polyethylenfäden. Der zweireihigen transossär-äquivalenten (TOE) Fixationstechnik werden Vorteile zugeschrieben, i.B. verbesserte biomechanische Eigenschaften, eine optimierte Rekonstruktion des Footprints und hohe radiologische Heilungsraten.

## Entwicklung der ATR

Mit dem Ziel, die Vorteile der arthroskopischen Operation mit der transossären

Technik zu kombinieren, wurden verschiedene Methoden entwickelt. Die verschiedenen Techniken für die arthroskopische transossäre Rotatorenmanschennaht (ATR) werden nachfolgend zusammengefasst.

1. Die erste 2002 in der Literatur beschriebene ATR ist die «giant needle technique» von Fleega.<sup>1</sup> Mit dieser werden unter arthroskopischer Kontrolle Haut, Sehne und Knochen perforiert und die Fäden dann subakromial geknüpft. In der Modifikation von Frick et al.<sup>2</sup> können die Strukturen separat durchstochen werden. Die «bone needle» mit einem Durchmesser von ca. 10mm kann mehrfach verwendet werden.
2. In der hybriden Technik von Cicak<sup>3</sup> wird mit einem gebogenen Pfriem ein Knochenkanal präpariert, durch den die Fixationsfäden nach lateral gezogen werden.
3. Matis et al.<sup>4</sup> beschrieben 2006 die Perforation des Knochens mit einer Hohlnadel (TransOsteoNeedle), um die Fäden mit einer Nitinolschleife im Knochen zu positionieren.
4. Die Möglichkeit einer transossären Bohrung mit einem Zielgerät (analog zur Positionierung des tibialen Zieldrahtes bei der Kreuzbandplastik) und Einziehen der Fäden wurde 2013 von Kuroda<sup>5</sup> vorgestellt.
5. Mit einem Zielgerät (Compass) setzte Baudi<sup>6</sup> 2013 eine sich kreuzende Bohrung, um die Fäden mit einem Einzugsfaden für die weitere Sehnennaht vorzulegen. Die Fäden werden lateral in einem Metallknopf (Shark-FT) geknüpft. Die Weiterentwicklung der Technik führte zum Taylor-Stitcher.<sup>7</sup>
6. Arthrotunneler (Tornier/Wright): Nach einer medialen Perforation wird mit dem hakenförmigen Instrument ein sich kreuzender Knochentunnel gebohrt und ein Einzugsfaden eingezogen. Mit Letzterem werden dann die definitiven Polyethylenfäden im Knochen positioniert. Die Anzahl der Tunnel und Fäden kann frei dem Ausmass der Sehnenläsion (Supraspinatus, Infraspinatus, Subscapularis) angepasst werden. Das Konzept wurde von Krishnan<sup>8</sup> 2002 entwickelt. Später

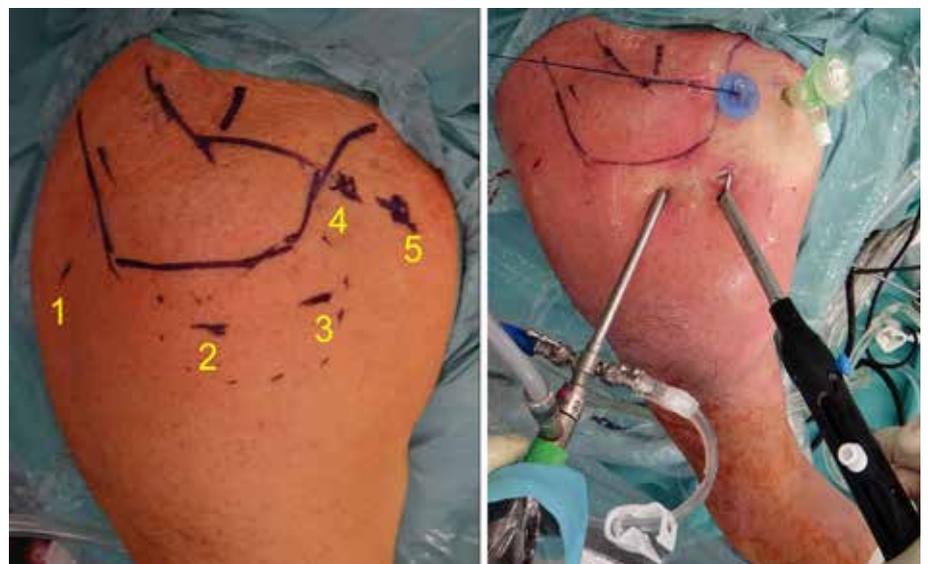


Abb. 1: Portale und Einbringen des AT

wurde die Option zur kortikalen Augmentation (TunnelPro) ergänzt. Inzwischen ist eine Reihe von Publikationen zu biomechanischen und klinischen Aspekten dieser Technik erschienen. Wir verfügen persönlich über eine achtjährige eigene Erfahrung mit dieser Technik, die wir im Folgenden detailliert vorstellen werden.

## Arthrotunneler – technische Aspekte

### Lagerung

Die Patienten können, entsprechend der Routine des Operators, in Beach-Chair- oder Seitenlagerung positioniert werden. Vom Autor wird die Beach-Chair-Position in Kombination mit einer mobilen Armhalterung bevorzugt. Mit einem mobilen Armhalter kann eine optimale Position des Humerus bzw. der Sehnen zu den Portalen stabil eingestellt werden.

### Arthroskopie

Nach der diagnostischen Arthroskopie werden unabhängig von der Rekonstruktionstechnik weitere Teileingriffe wie u.a. die subakromiale Dekompression, die AC-Gelenkresektion und i.B. die Mobilisation der Sehnen und das Anfrischen des Footprints durchgeführt.

### Portale

Für die ATR mit dem Arthrotunneler (AT) werden 4–5 Standardportale verwendet, deren Position von entscheidender Bedeutung ist (Abb. 1).

1. posterior: Instrumente, Fäden
2. lateral: Kamera
3. anterolateral («AT-Portal» auf Höhe des Footprints): Arthrotunneler, Instrumente
4. anterosuperior (vor dem ACG): medialer Tunnel am Tub. majus, Fäden, Instrumente
5. anteroinferior (auf Höhe der Coracoidspitze): medialer Tunnel am Tub. minus, Fäden, Instrumente

### 1. Schritt: medialer Tunnel

Die ATR mit dem AT beginnt mit der Präparation des medialen Tunnels an der Knochen-Knorpel-Grenze. Hierfür werden eine Ahle oder ein Bohrer mit einem Durchmesser von 2,9mm verwendet. In Adduktion des Arms wird der Tunnel über das anterosuperiore Portal im Winkel von



Abb. 2: Medialer Tunnel



Abb. 3: AT parallel zum Footprint



Abb. 4: AT-Schleufe

70 bis 80° zum Footprint gesetzt (Abb. 2). Optional kann das T. minus über das anteroinferiore Portal erreicht werden.

### 2. Schritt: laterale Bohrung

Über das anterolaterale Portal kann mit dem AT durch Anpassung der Armposition der gesamte Footprint von T. majus und minus erreicht werden. Wird der AT mit zurückgezogener Bohrführung eingefädelt, reicht ein Portal von max. 10mm Größe. Um eine optimale Knochenbrücke zu erreichen, sollte der Arthrotunneler parallel zum Footprint positioniert werden (Abb. 3). Damit dies gelingt, wird der Arm abduziert und das anterolaterale Portal sollte ausreichend distal zum Akromion gesetzt werden. Damit die Schleufe des AT nicht im Kanal verbiegt, wird dieser im medialen Tunnel eingehakt und der freie Lauf der Schleufe getestet (Abb. 4). Die laterale Bohrung hat einen Durchmesser von 2,5mm.

### 3. Schritt: Einziehen der Fäden

Nach der lateralen Bohrung wird der freie Lauf der Schleufe getestet und der Einzugsfaden eingezogen (z.B. 2er Vicryl

oder Ethibond). Danach werden die definitiven Fäden (hochreissfeste, geflochtene Polyethylenfäden) eingezogen. Nach dem Faden-Management in die anterioren und posterioren Portale können die Schritte 1–3 wiederholt werden, um weitere Kanäle mit Fäden zu armieren (Abb. 5).

### Knochenbrücke

Mit der kreuzenden Bohrung wird eine Knochenbrücke von 20 x 15mm erreicht. Kontrollen in CT und MRI zeigen, dass sich durch das Einziehen die Fäden im Knochen mit einem Bogen setzen. Der definitive Knochenkanal entspricht dem Radius einer grossen Richard-Allan-Nadel.

### Nahtkonfiguration

Für die Sehnennaht können verschiedene Konfigurationen der Läsion angepasst werden: z.B. 4–6 einfache Stiche, mit verriegelnder medialer Brücke oder einfach bzw. separat gestochene X-Box (Abb. 6).

Beim Fadenmanagement werden die Fäden posterior bzw. anterior ausgelagert. Mit dem Kamerablick von lateral

werden die Sehnen über die anterioren oder posterioren Portale mit Standardinstrumenten perforiert. Eine Nahtzange kann ideal über das anterolaterale Portal eingesetzt werden. Zur Versorgung einer mittelgrossen Ruptur reichen meist zwei Knochenkanäle aus. Bei grösseren Rupturen der Supraspinatus- und der Infraspinatussehne mit einem freien Footprint über 2,5cm können weitere Fäden über zusätzliche Knochenkanäle einge-zogen werden. Die Subscapularissehne kann je nach Läsionsgrösse mit einem Tunnel und einfachen Stichen oder Las-so-Loops refixiert werden. Komplette SSC-Rupturen können mit zwei Tunneln und einer X-Box-Konfiguration refixiert werden.

Durch das Knüpfen der Fäden über dem lateralen Bohrkanal werden ein Einreissen der Fäden im Knochen und ein kraniales Knotenimpingement vermieden.

#### Kortikale Augmentation (optional)

Eine weiche Knochensituation liegt meist vor, wenn der mediale Tunnel ohne oder mit nur geringem Widerstand gesetzt werden kann. In dieser Situation, bei bekannter Osteopenie oder bei Revisionen, können die laterale Kortikalis und der Kanal mit einem Dübel armiert werden (Abb. 7).

#### OP-Zeit

Für den standardisierten Ablauf für die ATR mit dem Arthrotunneler ist mit einer Lernkurve zu rechnen, die abhängig von der Erfahrung der Arthroskopeurin resp. des Arthroskopeurs ist. Danach ist die OP-Zeit für eine ATR mit derjenigen für eine arthroskopische DR- oder TOE-Rekonstruktion vergleichbar.

#### Diskussion

Ziel der Rotatorenmanschettenrekonstruktion ist eine erfolgreiche Sehnenheilung. Aussagen zur transossären und ankerbasierten Rekonstruktion werden im Folgenden einander gegenübergestellt und kurz diskutiert.

#### Biomechanische Eigenschaften

Die klassische Rotatorenmanschettenrekonstruktion mit transossärer Technik zeigt im Vergleich zur einreihigen Anker-technik eine Vergrösserung der Kontaktfläche zwischen Sehne und Tuberositas-knochen und eine breitere Druckvertei-

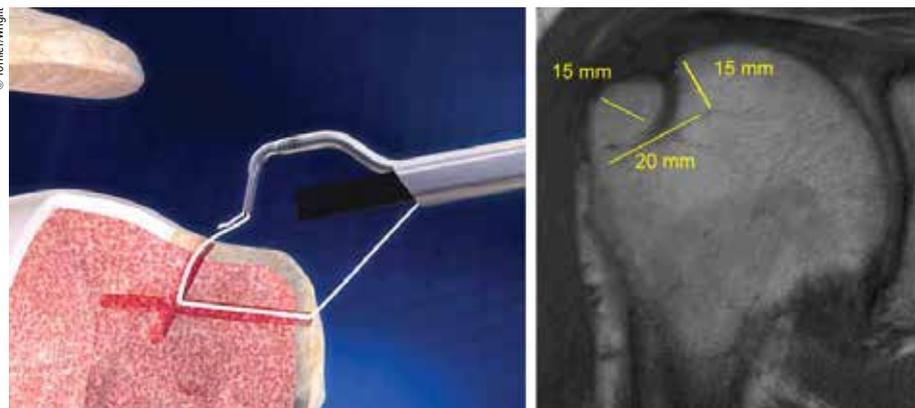


Abb. 5: Armierung des Knochentunnels und typischer MRI-Befund 4 Monate postop



Abb. 6: Beispiele für Nahtkonfigurationen: 4–6 einfache Stiche oder X-Box

lung über die Insertionsfläche an der Tuberositas (Footprint).<sup>9</sup> Die transossär-äquivalente Technik (TOE) weist eine höhere Druckverteilung über die Insertionsfläche als die einreihige (SR) oder zweireihige Technik (DR) auf. Diese Druckverteilung ist mit derjenigen der transossären Technik vergleichbar.

Biomechanische Studien zum Vergleich zwischen TOE und arthroskopischer transossärer Tunneltechnik zeigen unterschiedliche Ergebnisse. Die Studie von Salata<sup>10</sup> zeigt für die transossäre Fixation eine signifikant verminderte maximale Ausreisskraft. Eine Studie von Kummer<sup>11</sup> wiederum weist für die ATR eine mit der TOE vergleichbare Stabilität und max. Belastbarkeit nach. Dabei werden für die ATR unterschiedliche Rekonstruktionstechniken verwendet. Bei der ersten werden zwei Fäden pro Tunnel mit Einzelstichen durch die Sehne verwendet. Bei der zweiten wird eine flächige Reinsertion mit medialen und gekreuzten Fadenbrücken («X-Box») verwendet. Es wird angenommen, dass die biomechanischen Eigenschaften bei der ATR durch die Anzahl der verwendeten Fäden und die Zahl der Sehnenperforationen stark beeinflusst werden.<sup>12</sup>

#### Biologische Faktoren

Aufgrund der weitgehend optimierten biomechanischen Eigenschaften der Rekonstruktionen mit u.a. hoher Primärstabilität wird, um die Heilungsrate zu verbessern, zunehmend auch ein Augenmerk auf die biologischen Faktoren der Sehnenheilung gelegt.<sup>13</sup> Hierzu gehört auch die Qualität der primären Kontaktfläche zwischen knöchernem Footprint und der Sehne.

Die medialen Anker werden subkortikal, i.d.R. 1–5mm vertieft, eingebracht. Dadurch entsteht eine primär nicht reaktive Knochenzone, welche die vitale Reinsertionsfläche für die Sehne verkleinert. Bei einem Footprint von 200 x 10mm wird durch zwei 5,5mm-Anker die Fläche um 24% verkleinert.

Bei der transossären Technik wirken die kortikospongiösen Bohrkanäle wie eine Mikrofrakturierung. Die medialen Bohrkanäle sind Blutungsquellen mit möglicher Einwanderung von Stammzellen und führen zur direkten Exposition der Sehne mit Knochenenzymen. Zudem sind sie potenzielle Ausgangspunkte für die Neovaskularisation. Ein biologischer Vorteil für die Sehnen-Knochen-Heilung ist zu vermuten. Urita et al.<sup>14</sup> untersuchten ultraschallbasiert die Durchblutungsmuster von mittels TOE und mittels ATR



**Abb. 7:** Revision mit ATR und Arthrotunnel/TunnelPro bei Reruptur der kranialen Rotatorenmanchette nach minimal offener Rekonstruktion mit einem 6,5mm-Anker

rekonstruierten Sehnen. Dabei zeigt die transossäre Technik nach 3 Monaten eine signifikant höhere Durchblutung der Sehnen. Daher wird postuliert, dass die Perfusion durch die Knochentunnel erhöht wird.

### Outcome

In der kürzlich erschienenen Level-I-Studie von Randelli et al<sup>15</sup> wird die SR-Rekonstruktion mit der ATR verglichen. Nach einem Jahr zeigte sich kein Unterschied in der mittels MRI untersuchten Rerupturrate (13%). Die klinische und patientenspezifische Beurteilung nach 3 Jahren zeigte ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied.

### Kortikale Augmentation

Bei der klassischen transossären Fixation wird als wichtiges Risiko das Ausreißen und Durchschneiden der Fäden aus dem Knochen problematisiert. Für die ATR wird ein Versagen des Faden-Knochen-Interface ebenfalls in Betracht gezogen. Mit einer kortikalen Augmentation durch eine Art Dübel aus PEEK (TunnelPro) können die laterale Kortikalis und der Knochenkanal verstärkt werden (Abb. 7); ein Einschneiden der Fäden kann damit vermieden werden.<sup>16</sup>

### Revisionen mit ATR

Im Weiteren stellt sich bei einer Reruptur nach primärer Ankertechnik im Falle einer Revision die Frage nach der Effektivität weiterer Anker, die in die Sehnenin-

sertion der Tuberositas (Footprint) gesetzt werden und die Fläche für das Ausheilen des Sehnen-Knochen-Intervalls zusätzlich verkleinern. Bereits vorhandene Anker können die optimale Positionierung weiterer Anker erschweren. Bei einer Revision kann mit der ATR das Konzept der Refixation geändert werden. Wenn möglich, werden vorhandene Anker entfernt. Anstatt weitere, meist grössere Anker in den Footprint zu setzen, können transossäre Fäden an tief sitzenden Ankern vorbeigeführt werden (Abb. 7).

### Reduzierte Kosten der Implantate

Unter dem ökonomischen Druck im Gesundheitswesen werden vermehrt die Materialkosten diskutiert, welche durch die höhere Anzahl an Ankern, i.B. bei der TOE, steigen<sup>12</sup>. Für eine optimale Rekonstruktion der Rotatorenmanchette mit der ankerbasierten Technik steigt die Anzahl der verwendeten Anker mit der Grösse des Defektes bzw. mit der Anzahl an beteiligten Sehnen. Bei der ATR werden die transossären, armierten Tunnel dem Defekt entsprechend angepasst. Das Instrument für die ATR kann während der Operation mehrmals verwendet werden. Für die ATR vergrössert sich der Benefit durch die geringen Extrakosten (Polyethylenfäden), die entstehen, wenn zusätzliche Fixationspunkte zur Rekonstruktion von grösseren Sehnendefekten gebraucht werden. ■

Autoren:  
**Yaw Beatty-Jakobi**  
 Stv. Leitender Arzt Orthopädie  
 Spital Uster  
 Dr. med. **Eduard Buess**  
 Praxis Shoulder-Care, Bern

Korrespondierender Autor:  
**Yaw Beatty-Jakobi**  
 E-Mail: Yaw.Beatty@spitaluster.ch

■04

### Literatur:

- 1** Fleega BA: Arthroscopic transhumeral rotator cuff repair: giant needle technique. *Arthroscopy* 2002; 18(2): 218-23
- 2** Frick H et al.: Arthroscopic bone needle: a new, safe, and cost-effective technique for rotator cuff repair. *Techniques in Shoulder & Elbow Surgery* 2010; 4: 107-12
- 3** Cicak N et al.: Arthroscopic transosseous suture anchor technique for rotator cuff repairs. *Arthroscopy* 2006; 22(5): 561-6
- 4** Matis N et al.: Arthroscopic transosseous reinsertion of the rotator cuff. *Oper Orthop Traumatol* 2006; 18(1): 1-18
- 5** Kuroda S et al.: Advantages of arthroscopic transosseous suture repair of the rotator cuff without the use of anchors. *Clin Orthop Relat Res* 2013; 471(11): 3514-22
- 6** Baudi P et al.: The rotator cuff tear repair with a new arthroscopic transosseous system: the Sharc-FT. *Musculoskelet Surg* 2013; 97(Suppl 1): 57-61
- 7** Pellegrini A et al.: Arthroscopic rotator cuff tear transosseous repair system: the Sharc-FT using the Taylor Stitcher. *Arthrosc Tech* 2015; 3: 201-5
- 8** Garofalo R et al.: Arthroscopic transosseous (anchorless) rotator cuff repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012; 20(6): 1031-5
- 9** Park MC et al.: Tendon-to-bone pressure distributions at a repaired rotator cuff footprint using transosseous suture and suture anchor fixation techniques. *Am J Sports Med* 2005; 33(8): 1154-9
- 10** Salata MJ et al.: Biomechanical evaluation of transosseous rotator cuff repair: Do anchors really matter? *Am J Sports Med* 2013; 2: 283-90
- 11** Kummer FJ et al.: A laboratory comparison of a new arthroscopic transosseous rotator cuff repair to a double row transosseous equivalent rotator cuff repair using suture anchors. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 2013; 71(2): 128-31
- 12** Black EM et al.: Comparison of implant cost and surgical time in arthroscopic transosseous and transosseous equivalent rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg* 2016; 9: 1449-56
- 13** Lorbach O et al.: Advances in biology and mechanics of rotator cuff repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015; 23(2): 530-41
- 14** Urita A et al.: Difference in vascular patterns between transosseous-equivalent and transosseous rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg* 2017; 26(1): 149-56
- 15** Randelli P et al.: Advantages of arthroscopic rotator cuff repair with a transosseous suture technique: a prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2017; 9: 2000-9
- 16** Garrigues GE et al.: Arthroscopic bone tunnel augmentation for rotator cuff repair. *Orthopedics* 2012; 35(5): 392-7