

C. Jung¹⁺², H. Kapferer³, D. Endeled⁴, G. Bauer², F. Mauch²

Arthroskopische Schulterchirurgie – Ergebnisse und Probleme mit bioresorbierbaren Fadenankern

*Arthroscopic shoulder surgery –
results and problems with biodegradable suture anchors*

Zusammenfassung

Problemstellung: Die Anwendung bioresorbierbarer Fadenanker auf PLDLA-Basis zur Rekonstruktion der Rotatorenmanschette und anderer Weichteilstrukturen des Schultergelenkes ist weit verbreitet. Es zeigen sich im MRT regelmäßig ausgeprägte Resorptionszeichen auch am Ende bzw. nach der vom Hersteller angegebenen Zeit. Ihr Einfluss auf das klinische Ergebnis ist bislang wenig untersucht.

Methoden: 20 Patienten (Durchschnittsalter 64,4 Jahre; 9 w, 11 m) wurden durchschnittlich 23 Monate (20–28 m) nach arthroskopischer single-row Rotatorenmanschettenrekonstruktion klinisch nachuntersucht, sowie radiologisch in einem offenen 0,25 Tesla G-Scan Niederfeldsystem der Fa. Esaote (Genova, Italien) beurteilt.

Ergebnisse: Alle Patienten wiesen im Bereich der Ankerplatzierung noch typische Resorptionszeichen auf. Es ließen sich hierbei 3 Gruppen abgrenzen: kleiner und größer als der Ankerdurchmesser (5 mm), sowie mit begleitendem Knochenmarködem. 5 von 20 Patienten (25 %) zeigten eine Ruptur. Der mittlere Constant-Score lag bei 94,3 (SD: 8,2). Die präoperative Schmerzintensität sank auf der VAS von 7,1 auf 0,7. Es traten keine operationsbedingten Komplikationen auf.

Diskussion: Häufig im MRT zu beobachtende, vergrößerte Anker-Resorptionszonen und Knochenmarködeme scheinen keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis zu haben. In Anbetracht der Einsatzhäufigkeit sind ankerbedingte Komplikationen vernachlässigbar.

Summary

Problem: Biodegradable PLDLA-based suture anchors are commonly used in rotator cuff repair. On postoperative MRI scans prolonged, increased resorption signal around the implants can be observed frequently. Its impact on the clinical results is unclear. Methods: 20 patients (average age 64,4 years; 9 w, 11 m) were examined 23 months (20–28 m) after arthroscopic single rotator-cuff repair. Clinical evaluation included Constant-Score and VAS. At the time of evaluation MRI scans using a 0,25 Tesla G-Scan system (Fa. Esaote, Genova, Italy) were performed.

Results: All patients showed typical resorption signals at the anchor location site. 3 categories can be distinguished: signal smaller and bigger than the original 5mm anchor diameter, plus additional bonemarrow odema. 25 % of the patients showed a retear of the rotator cuff. The mean Constant-Score is 94,3 (SD: 8,2), pain on the VAS decreased from 7,1 to 0,7. No complications were recorded.

Discussion: Considering the huge global amount of implanted anchors, the clinical results are excellent and major complications are rare. Bone marrow oedema and increased resorption signal on MRI seem to have no impact on the clinical results.

Keywords: rotator cuff, biodegradable, suture anchors, MRI

Schlüsselwörter: Rotatorenmanschette, bioresorbierbar, Fadenanker, MRT

Einleitung, Problem- und Zielstellung

Die moderne Schulterchirurgie steht im Zeichen der Arthroskopie. Deren Erfolg

hängt wesentlich mit der technischen Entwicklung verlässlicher Fadenankersysteme zusammen. Die Fixationsmöglichkeiten der für die Schulter wichtigen Weichteilstrukturen, wie beispielsweise Labrum

oder Rotatorenmanschette, sind durch die aktuell verfügbaren Ankersysteme vereinfacht und sicherer geworden [1, 2].

Die Anzahl der weltweit verfügbaren Ankertypen ist groß. In Abhängigkeit

¹ Schulthess Klinik Zürich, Leiter: Dr. med. Hans-Kaspar Schwyzer

² Sportklinik Stuttgart, Leiter Prof. Dr. med. Gerhard Bauer

³ Olgahospital Stuttgart, Leiter: Prof. Dr. Wirth

⁴ Diakonissenkrankenhaus Stuttgart, Leiter: Prof. Dr. med. Peter Aldinger

DOI 10.3238/oup.2013.0191-0195

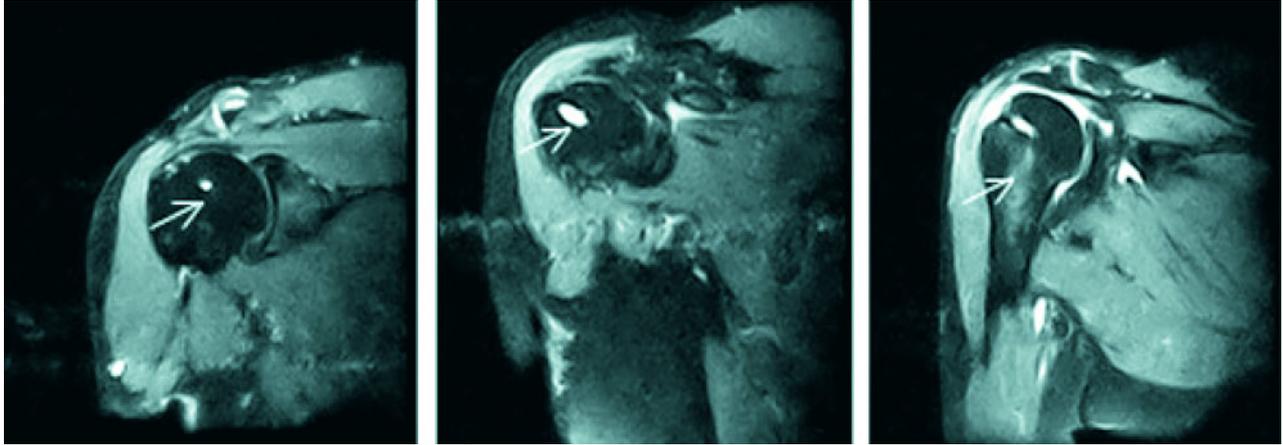


Abbildung 1 Parakoronare GE-STIR-Sequenz in 4 mm Schichtdicke; Links: Gruppe 1 mit Signal < 5 mm Durchmesser (Pfeil); Mitte: Gruppe 2 mit Signal > 5 mm Durchmesser (Pfeil); Rechts: Gruppe 3 mit Signal > 5 mm Durchmesser und Knochenmarködem (Pfeil).

vom verwendeten Material lassen sich jedoch grundsätzlich 2 Klassen unterscheiden: bioresorbierbare (i.d.R. auf Polylactacid-Basis) und nicht-resorbierbare (Metall, PEEK) Anker. Die Vorteile eines bioresorbierbaren Implantats liegen auf der Hand. Aus diesem Grund werden Anker aus PLLA/PLDLA (= Poly-L/D-Lactide Acid) sehr häufig eingesetzt, genaue Zahlen hierzu gibt es jedoch nicht [3–5].

Die große Anzahl an publizierten Studien mit exzellenten klinischen Ergebnissen nach Verwendung bioresorbierbarer Materialien am Schultergelenk sprechen für die Verwendung dieser Implantate [6–11]. Seit mehreren Jahren gibt es jedoch auch Berichte über Komplikationen wie beispielsweise Implantatversagen, Osteolysen oder Fremdkörperreaktionen [3, 4]. Oft ist nur schwer zwischen einem protrahiertem Heilungsverlauf und möglicherweise Implantat-assoziiierter Komplikation zu unterscheiden. Entsprechend häufig sind p.o. MRT-Verlaufskontrollen. Hier fallen teilweise ausgeprägte Resorptionszonen und Knochenmarködem im Bereich der eingesetzten, bioresorbierbaren Anker auf, teils auch nach der zu erwartenden Anker-Resorptionszeit [11–14]. Inwiefern dies an der Schulter Ursache für ein p.o. schlechtes Ergebnis sein kann, ist unklar.

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand einer retrospektiven Fall-Kontroll-Studie das Resorptionsverhalten bioresorbierbarer Fadenanker im MRT in Relation zum klinischen Ergebnis darzustellen, und

gleichzeitig eine Übersicht der relevanten Literatur zu diesem Thema zu geben.

Material und Methoden

Bei 20 Patienten (Durchschnittsalter 64,4 a; 9 w, 11 m) mit einer im MRT gesicherten Supraspinatussehnenruptur wurde eine arthroskopische Sehnenrekonstruktion mittels bioresorbierbaren Fadenankern durchgeführt. Bei allen Rupturen handelte es sich um Komplett rupturen. Die Rupturgröße klassifiziert nach Batemann [15] lag 6-mal bei Grad II, 7-mal bei Grad III und einmal bei Grad IV (5 Patienten konnten nicht klassifiziert werden). Als Implantate kamen bioresorbierbare 5,0-mm-Bio-Corkscrew der Fa. Arthrex (Naples, USA) aus PLDLA (= Poly-L/D-lactide Acid) zum Einsatz. Alle Operationen wurden von einem erfahrenen Schulterchirurgen im Zeitraum 2008–2009 durchgeführt. Ziel hierbei war die wasserdichte Refixation der rupturierten Sehnen am knöchernen Ansatz in einer etablierten Single-row-Technik. Die Resorptionszeit eines Ankers beträgt nach Herstellerangaben 18–24 Monate.

Eine klinische und MRT-Verlaufskontrolle erfolgte nach durchschnittlich 23 Monaten (20–28 m) an einem offenen 0,25 Tesla G-Scan Niederfeldsystem der Fa. Esaote (Genua, Italien) mit axialen und parakoronaren Spinecho-T1- und Gradientenecho-STIR-Sequenzen in 4 mm Schichtdicken. Die MRT-Auswertung wurde von 2 unabhängigen Untersuchern durchgeführt. Neben der

Ankerbeurteilung erfolgte auch eine Beurteilung des Rotatorenmanschettenstatus und die Beurteilung der Muskelqualität nach Goutallier [16].

Alle Patienten wurden klinisch nachuntersucht. Zur Beurteilung wurde der Constant Score verwendet, zusätzlich die subjektive Patientenzufriedenheit und das Aktivitätsniveau ermittelt.

Eine selektive Literaturrecherche unter Verwendung der relevanten Stichworte erfolgte in PubMed, MEDLINE und Cochrane für die Jahre 1990–2012.

Ergebnisse

MRT-Befunde

Die Auswertung der MRT-Daten war Untersucher-unabhängig und konsistent. Kein Untersucher konnte einen Anker in seiner ursprünglichen, plastischen Form identifizieren. Alle Patienten wiesen im Bereich der Ankerplatzierung jedoch noch typische Resorptionszeichen auf. Diese ließen sich MR-tomografisch 3 Gruppen zuordnen: Resorptionszeichen kleiner oder größer als der ursprüngliche Ankerdurchmesser (5 mm), sowie mit begleitendem Knochenmarködem (s. Tabelle 1/Abbildung 1). 5 von 20 Patienten (25 %) zeigten eine Reruptur der rekonstruierten Rotatorenmanschette. Die Muskelqualität des M. supraspinatus als Ausdruck einer bestehenden Degeneration bzw. Inaktivitätsatrophie wurde in Anlehnung nach Goutallier beurteilt und zeigte in 90 % der Fälle nur gering bis mittelgradig fet-

tige Infiltrationen gemäß Goutallier Grad I und II, bei 2 Patienten zeigten sich Grad III–IV-Veränderungen.

Klinische Ergebnisse

Nach durchschnittlich 23 Monaten p.o. zeigte die klinische Untersuchung einen mittleren Constant-Score von 94,3 (SD: 8,2). Die präoperativ angegebene Schmerzintensität sank auf der VAS von 7,1 auf 0,7. Kein Patient war zum Untersuchungszeitpunkt auf Schmerzmedikation angewiesen. Eine durchgeführte Federwagenmessung der Kraftentwicklung in 90° Abduktion und 20° Anteversion zeigte im Vergleich zur gesunden, kontralateralen Seite einen durchschnittlichen Kraftverlust von 15,5 % (SD: 19,4). Erwartungsgemäß zeigen die Patienten mit Muskelverfettung Goutallier Grad III–IV deutlich schlechtere Kraftwerte. Patienten mit einer Ruptur hatten mit einem durchschnittlichen Constant Score von 87,4 (SD:13,6) ein – aufgrund der Gruppengröße jedoch nicht signifikant – schlechteres Outcome. Die kernspintomographisch evaluierten Ankerresorptionszeichen haben keinen Einfluss auf die klinischen Ergebnisse. Es wurden keine behandlungsbedürftigen Komplikationen registriert. Eine Verbesserung der Patientenzufriedenheit konnte in allen Fällen erreicht werden. 15 von 20 Patienten konnten ihr angestammtes Aktivitätsniveau wieder erreichen, 5 gaben geringe Einschränkungen in Alltag und sportlicher Aktivität an. Alle Patienten würden sich retrospektiv wieder für ein operatives Vorgehen entscheiden.

Diskussion

Die arthroskopische Rotatorenmanschettenrekonstruktion (RMR) hat sich in den letzten 20 Jahren als Operationsverfahren etabliert. In den USA werden heute insgesamt mehr arthroskopische Rekonstruktionen durchgeführt als offene. Die Anzahl der arthroskopischen Rekonstruktionen nahm dabei zwischen 1996 und 2006 um 600 % zu, offene Verfahren im selben Zeitraum nur um 34 % [17]. Ein Hauptgrund für diese zunehmende Popularität sind sicher die vielfach dokumentierten, exzellenten operativen Ergebnisse [7–9, 18]. Dies bestätigt sich auch in der hier untersuchten

Patientengruppe mit einem mittleren Constant-Score von 94,3 (SD: 8,2) 23 Monate p.o. und einem Rückgang der Schmerzen von 7,1 auf 0,7 auf der VAS. Die gemessene Rerupturrate von 25 %, entspricht der Rerupturrate anderer Studien, und es ist bekannt, dass die Rerupturrate sowohl nach offener, als auch arthroskopischer RMR abhängig ist von der ursprünglichen Rupturgröße, dem Grad der fettigen Degeneration, der Sehnenqualität und OP-Technik [7, 8, 19–21]. 90 % der untersuchten Patienten zeigten in der MRT-Beurteilung eine gute Muskelqualität mit nur geringer bis mittelgradiger fettiger Degeneration des M. supraspinatus. Angesichts des Durchschnittsalters des Patientenkollektivs von 64,4 Jahren ist dies erstaunlich und am ehesten mit einer frühen Diagnose und Therapie der Ruptur zu erklären. Dies wirkt sich insgesamt positiv auf das klinische Ergebnis aus, denn andere Studien haben bewiesen, dass die fettige Muskeldegeneration mit einer Reduktion der Kraft und Funktion nach durchgeführter RMR [8, 19, 20, 22] einhergeht.

Es zeigt sich in dieser Untersuchungsreihe kein Zusammenhang zwischen Reruptur und Resorptionsverhalten der verwendeten Anker. Ebenso haben die kernspintomographisch evaluierten Ankerresorptionszeichen keinen Einfluss auf die klinischen Ergebnisse. Einschränkend müssen als Schwäche der durchgeführten Untersuchung klar die fehlende präoperative Constant-Score Erhebung und die kleine Gruppengröße genannt werden, die eine statistische Auswertung limitiert.

Pro durchgeführte Operation wurden im Durchschnitt 1,5 resorbierbare Fadenanker mit einem Durchmesser von 5 mm verwendet. Zum Zeitpunkt der Operation wurde eine gängige sogenannte Single-row-Rekonstruktion durchgeführt [23]. Zwischenzeitlich haben sich neue Techniken, wie beispielsweise die Double-row-Rekonstruktion etabliert [10, 24]. Ob die Verwendung von 4 und mehr Ankern pro Operation Auswirkungen auf die Resorptionsvorgänge im Humeruskopf hat, bleibt abzuwarten.

In welchem Ausmaß die Technik der MRT-Bildgebung (Hochfeld- vs. Niederfeld-System) und die Sequenzwahl die Beurteilung beeinflusst, ist ebenfalls in weiteren Studien zu klären [13, 14, 25].

Die Sequenzwahl in dieser Studie orientierte sich an bereits publizierten Studien zur Ankerbeurteilung am Kniegelenk [26–28]. Häufig werden hier Spinecho T1-gewichtete, Turbo Spinecho T2-gewichtete oder aber auch fettsupprimierte Sequenzen durchgeführt.

Der Einsatz von Fadenankersystemen ist Standard in der modernen Schulterarthroskopie. Außer zur RMR werden sie auch für Stabilisierungseingriffe des Labrums, des Bizepssehnenankers und für Tenodesen der langen Bizepssehne verwendet. Es gibt eine Vielzahl an verschiedenen kommerziellen Ankersystemen [29, 30]. Die heute eingesetzten Anker sind Ergebnis einer regelrechten Revolution von Tacks über Metallanker hin zu bioresorbierbaren Ankern [11]. Aufgrund der bei Metallankern regelmäßig beschriebenen Komplikationen und Einschränkungen hinsichtlich einer p.o. MRT-Untersuchung, haben sich bioresorbierbare Ankersysteme zunehmend etabliert [1, 2, 31]. Am verbreitetsten sind Polymere auf Basis von Poly-L-Lactid-Acid und dessen Derivate, die u.a. mit Hydroxyapatit (PLLA-HA), Beta-Tricalcium-Phosphat (PLLA-beta-TCP) oder einem „D“-Isomer (Poly-L/D-Lactide-Acid) verändert wurden [28, 32]. Ebenso spielen nicht-bioresorbierbare Kunststoffanker aus Polyetheretherketon (PEEK) eine zunehmende Rolle.

Die Ansprüche an ein optimales, resorbierbares Implantat sind vielschichtig. Es sollte eine stabile initiale Fixation der Weichteile am Knochen gewährleisten. Die Resorptionszeit sollte mindestens so lang sein, wie für die Heilung der Gewebe notwendig, ohne dass es zu einem Stabilitätsverlust kommt. Schließlich muss die Resorption aber auch in überschaubarer Zeit abgeschlossen sein, um zu verhindern, dass Restmaterial sekundär Komplikationen verursachen kann [33]. Es ergibt sich somit eine Reihe an Komplikationsmöglichkeiten.

Häufiger beschrieben sind Ankerfehlplatzierungen sowie dislozierte Anker, die als freie Gelenkkörper eine Synovitis induzieren und Knorpelverletzungen verursachen können [11]. Auffällig häufig beschrieben ist dies bei Anwendung von PLLA-Tacks. Sowohl Freehill et al. als auch Sassmannshausen et al. berichten von zum Teil erheblichen, Implantat-assoziierten Komplikationen in bis zu 19 % der Fälle [34, 35]. Durch die

	Gruppe 1 (Signal < 5 mm)	Gruppe 2 (Signal > 5 mm)	Gruppe 3 (Signal > 5 mm + KMÖ)
Geschlecht	m: 9, w: 4	m: 1, w: 3	m: 1, w: 2
Durchschnittsalter	65,1	61,5	65
Constant Score	92,9 (SD: 10,4)	97,7 (SD: 2,0)	95 (SD: 0)
Durchschnittliche - Anzahl Anker	1,5	1,7	1,6
Anzahl Rerupturen	3	1	1

Tabelle 1 Zusammenfassung der klinischen Ergebnisse 23 Monaten (20–28 m) post-operativ, aufgeteilt in 3 Gruppen (in Abhängigkeit der Größe des Resorptionsignals an der ursprünglichen Ankerlokalisierung). (SD = Standardabweichung; KMR = Knochenmarködem).

Entwicklung von Schraubankern verbesserte sich die Stabilität und Sicherheit in der Anwendung. Jedoch bringen auch diese Anker Anwender- und Konstruktions-bedingte Fehlerquellen mit sich, worauf Barber bereits 2007 hinwies [4]. Lokale Osteolysen und zystische Resorptionszonen am Glenoid nach SLAP-Refixation oder Labrumrekonstruktion werden von mehreren Autoren in durchaus beachtlichen Fallzahlen berichtet [36–39]. Diese Osteolysen können so ausgeprägt sein, dass sie Glenoidrandfrakturen zur Folge haben können [40]. Der Einsatz von resorbierbaren Ankern am Tuberculum majus zur Rekonstruktion der Rotatorenmanschette scheint im Gegensatz hierzu weniger komplikationsträchtig zu sein als bei Einsatz der Anker am Glenoid. Es sind 2 Einzelfälle von Fremdkörperreaktionen beschrieben [41, 42]. Park et al. dokumentieren einen Fall einer Osteolyse nach Einsatz eines PLLA-Ankers nach RMR [43]. Ebenso berichten Glueck et al. von einem Fall einer ausgedehnten Osteolyse nach RMR bei einem jungen Patienten und Verwendung eines PLDLA-Ankers. Auch Burkhart, einer der Pioniere im Einsatz von PLDLA-Anker, hält diese Komplikationen für außerordentlich selten [44]. Er berichtet von nur 5 registrierten Komplikationen bei 405.550 Ankerimplantationen bis zum Jahr 2005 für den auch in dieser Studie eingesetzten PLDLA-Anker. Verantwortlich macht er mechanische Einflüsse auf den Anker, beispielsweise aufgrund schlechter Knochenqualität. Dhawan et

al. haben u.a. Daten der US Food and Drug Administration für das Jahr 2008 ausgewertet [3]. Die Komplikationsrate für in der Schulterregion implantierte, resorbierbare Anker liegt demnach bei 0,00094 %.

Auch die Ergebnisse und Daten des Einsatzes bioresorbierbarer Anker am Kniegelenk bestätigen, wie auch die vorliegende Studie, dass die klinischen Ergebnisse nicht mit dem Signalverhalten der Implantate korrelieren und dass mit bioresorbierbaren Materialien exzellente klinische Ergebnisse erzielt werden können [12, 28, 45–48]. Ma et al. zeigten, dass gute klinische Ergebnisse mit stabiler Schraubenverankerung erreicht werden können, unabhängig vom Resorptionsverhalten der Interferenzschrauben. In dieser Studie wurden 30 Patienten mit Kreuzbandersatzplastik nachuntersucht. Die bioresorbierbaren Poly-L-Lactid-Acid Interferenzschrauben wiesen p.o. sogar nach 2–4 Jahren keine vollständige Resorption auf [46]. Drogset et al. konnte bei einer Nachuntersuchungszeit von 2 Jahren eine durchschnittliche Resorption von 2/3 der PLLA-Interferenzschraube beobachten [45]. Eine vollständige Resorption und knöcherne Durchbauung bei Einsatz eines PLDLA-Implantats konnten Lajtai et al. mit überwiegend sehr guten klinischen Ergebnissen nach 5,2 Jahren bestätigen [49]. Macarini et al. beschreiben eine Mindestzeit für die Resorption von 3 Jahren [28].

Unseres Wissens nach gibt es zur Schulter bislang keine vergleichbaren

Langzeitstudien. Diese Studie zeigt, dass eine kernspintomographische Darstellung von bioresorbierbarem PLDLA-Fadenanker in der vom Hersteller angegebenen Resorptionszeit von 18–24 Monate nicht mehr möglich ist, sich jedoch noch Resorptionszeichen in verschiedener Ausprägung zeigen können. Dabei wurden 3 Gruppen von Reaktionen identifiziert. Die Patienten der Gruppe 1 zeigten nur eine geringe Reaktion (kleiner als der ursprüngliche Ankerdurchmesser), bei der 2. Gruppe fanden sich lokale Reaktionen, etwas breiter als die ursprüngliche Ankergröße. Eine 3. Gruppe zeigte ein zusätzliches Knochenmarködem. Keine der Gruppen unterscheidet sich hinsichtlich des klinischen Ergebnisses. Zieht man die Daten zum Kniegelenk in Betracht, dann ist zu schlussfolgern, dass sich auch am Schultergelenk am Ende bzw. nach der vom Hersteller angegebenen Resorptionszeit im MRT noch Resorptionszeichen abgrenzen lassen. Aus vorliegender Studie sowie der aktuellen Literatur ergeben sich jedoch keine Hinweise darauf, dass es sich hierbei um eine relevante Komplikationsquelle mit Einfluss auf das klinische Ergebnis handelt. OUP

Korrespondenzanschrift

Dr. med. Christian Jung
Abteilung Obere Extremitäten
Lengghalde 2
CH-8008 Zürich
christian.jung@kws.ch

Literatur

- Ozbaydar M, Elhassan B, Warner JJP. The use of anchors in shoulder surgery: a shift from metallic to bioabsorbable anchors. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2007; 23: 1124–1126.
- Speer KP, Warren RF. Arthroscopic shoulder stabilization. A role for biodegradable materials. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1993; 291: 67–74.
- Dhawan A, Ghodadra N, Karas V, Salata MJ, Cole BJ. Complications of Bioabsorbable Suture Anchors in the Shoulder. *The American Journal of Sports Medicine.* 2012; 40: 1424–1430
- Barber FA. Biodegradable shoulder anchors have unique modes of failure. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2007; 23: 316–320.
- Barber FA, Herbert MA, Richards DP. Sutures and suture anchors: update 2003. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2003; 19: 985–990.
- Bauer GJ, Kniesel B. Die arthroskopische Rotatorenmanschettenrekonstruktion. *Unfallchirurg.* 2006; 109: 619–627.
- Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2004; 86-A: 219–224.
- Gerber C, Fuchs B, Hodler J. The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2000; 82: 505–515.
- Lafosse L, Brozka R, Toussaint B, Gobeze R. The outcome and structural integrity of arthroscopic rotator cuff repair with use of the double-row suture anchor technique. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2007; 89: 1533–1541.
- Lubowitz JH, Provencher MT, Poehling GG. Single-row versus double-row rotator cuff repair: the controversy continues. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2011; 27: 880–882.
- Nho SJ, Provencher MT, Seroyer ST, Romeo AA. Bioabsorbable anchors in glenohumeral shoulder surgery. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2009 25: 788–793.
- Warden WH, Friedman R, Teresi LM, Jackson DW. Magnetic resonance imaging of bioabsorbable poly(lactic acid) interference screws during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *YJARS.* 1999; 15: 474–480.
- Bancroft LW, Wasyliw C, Pettis C, Farley T. Postoperative shoulder magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2012; 20: 313–325.
- Stein T, Mehling AP, Ulmer M, Reck C, Efe T, Hoffmann R et al. MRI graduation of osseous reaction and drill hole consolidation after arthroscopic Bankart repair with PLLA anchors and the clinical relevance. *Knee Surg Sports Traumatol Arthr.* 2011; Nov.2.
- Bayne O, Bateman J. Long term results of surgical repair of full thickness rotator cuff tears. Bateman J, Welsch R, editors. Philadelphia, Saint Louis, Toronto, London: Surgery of the shoulder; 1984. p. 167–71.
- Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1994; 304: 78–83.
- Colvin AC. National Trends in Rotator Cuff Repair. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2012; 94: 227.
- Bauer GJ. Die arthroskopische Rotatorenmanschettenrekonstruktion. *Unfallchirurg.* 2006; 109: 617–618.
- Boileau P, Brassart N, Watkinson DJ, Carles M, Hatzidakis AM, Krishnan SG. Arthroscopic repair of full-thickness tears of the supraspinatus: does the tendon really heal? *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2005; 87: 1229–1240.
- Goutallier D, Postel J-M, Gleyze P, Leguilloux P, Van Driessche S. 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.
- Ma H-L, Chiang E-R, Wu H-TH, Hung S-C, Wang S-T, Liu C-L et al. Clinical outcome and imaging of arthroscopic single-row and double-row rotator cuff repair: a prospective randomized trial. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2012; 28: 16–24.
- Flurin P-H, Landreau P, Gregory T, Boileau P, Brassart N, Courage O et al. [Arthroscopic repair of full-thickness cuff tears: a multicentric retrospective study of 576 cases with anatomical assessment.]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2005; 91: 31–42.
- Mazzocca AD, Millett PJ, Guanche CA, Santangelo SA, Arciero RA. Arthroscopic single-row versus double-row suture anchor rotator cuff repair. *American Journal of Sports Medicine.* 2005; 33: 1861–1868.
- Lo IKY, Burkhart SS. Double-row arthroscopic rotator cuff repair: re-establishing the footprint of the rotator cuff. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2003; 19: 1035–1042.
- Steckel H, Krönke A, Funke M, Klingner H. [Visualisation of bioabsorbable suture anchors with digital projection radiography and magnetic resonance imaging]. *Sportverletz Sportschaden.* 2012; 26: 33–38.
- Agneskirchner JD, Galla M, Landwehr P, Lobenhoffer HP. Simplified MRI sequences for postoperative control of hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004; 124: 215–220.
- Bellelli A, Adriani E, Pederzini L, Burani A, Gallo E, Avitto A et al. MR evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon. Preliminary experience. *Radiol Med.* 2002; 103: 242–252.
- Macarini L, Murrone M, Marini S, Mucci A, Ettorre GC. [MRI in ACL reconstructive surgery with PDLA bioabsorbable interference screws: evaluation of degradation and osteointegration processes of bioabsorbable screws]. *Radiol Med.* 2004; 107: 47–57.
- Alan Barber F, Herbert MA, Hapa O, Rapley JH, Barber CAK, Bynum JA et al. Biomechanical analysis of pullout strengths of rotator cuff and glenoid anchors: 2011 update. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2011; 27: 895–905.
- Barber FA, Herbert MA, Beavis RC, Barrera Oro F. Suture anchor materials, eyelets, and designs: update 2008. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery: Official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association.* 2008; 24: 859–867.

31–49: Die vollständige Literatur erhalten Sie beim Verfasser, s. Korrespondenzadresse.