

Aus der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der
Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Klinische und kernspintomographische Aspekte nach
Rotatorenmanschettenrekonstruktion in Doppelreihentechnik

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Hendrik Haneveld

aus Düsseldorf

Datum der Promotion: 02.03.2018

Meiner Mutter.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Abstrakt | 4 |
| 1.1. Deutsch | 4 |
| 1.2. Englisch..... | 6 |
| 2. Einleitung | 8 |
| 2.1. Einführung | 8 |
| 2.2. Zielsetzung | 9 |
| 3. Methoden | 11 |
| 3.1. Patientenkollektiv..... | 11 |
| 3.2. Operative Versorgung..... | 11 |
| 3.3. Postoperative Rehabilitation | 13 |
| 3.4. Nachuntersuchung | 13 |
| 3.5. Statistische Auswertungsverfahren | 14 |
| 4. Ergebnisse | 15 |
| 5. Diskussion | 17 |
| 6. Literaturverzeichnis | 19 |
| 7. Anhang | 23 |
| 7.1. Eidesstattliche Versicherung | 23 |
| 7.2. Anteilserklärung an den erfolgten Publikationen..... | 24 |
| 7.3. Verwendete Publikationen..... | 25 |
| 7.3.1. Arthroscopic double-row repair of the rotator cuff: a comparison of bio- absorbable and non-resorbable anchors regarding osseous reaction | 25 |
| 7.3.2. Serial MRI evaluation following arthroscopic rotator cuff repair in double-row technique | 34 |
| 7.3.3. Arthroscopic knotless-anchor rotator cuff repair: a clinical and radiological evaluation | 43 |
| 7.4. Lebenslauf..... | 51 |
| 7.5. Publikationsliste | 54 |
| 7.6. Danksagung | 55 |

1. Abstrakt

1.1. Deutsch

Einleitung

In der arthroskopischen Therapie muskulotendinöser Verletzungen der Rotatorenmaschette bieten sich heutzutage eine Vielzahl von Optionen. Sowohl die angewandten Nahttechniken als auch die verwendeten Fadenankermaterialien nehmen dabei Einfluss auf das klinische und radiologische Resultat. In den vorliegenden Studien werden insbesondere ossäre Reaktionen und Veränderungen der muskulo-tendinösen Einheit nach arthroskopischer Rekonstruktion analysiert.

Methodik

Die eingeschlossenen Patienten wurden arthroskopisch entweder in modifizierter SutureBridge- oder in knotenfreier SpeedBridge-Technik operiert. Bei den verwendeten Ankermaterialien handelte es sich um bioresorbierbare poly-L-lactic acid (PLLA) oder nicht resorbierbare polyetheretherketon (PEEK) Fadenanker. Zu definierten Zeitpunkten erfolgte postoperativ die klinische und radiologische Nachuntersuchung. Die klinische Evaluation wurde mittels Subjective Shoulder Value, Constant Score und Western Ontario Rotator Cuff Index durchgeführt. Radiologisch erfolgte die Nachuntersuchung mittels Kernspintomographie. So konnten die Redefektrate, die Sehnenintegrität und die muskuläre Degeneration bestimmt werden. Der periimplantäre Flüssigkeitssaum und die Ausdehnung der Ankerkanäle wurden ausgemessen, sowie Osteolysen und Knochenödeme analysiert. Die Ergebnisse des SpeedBridge-Kollektivs wurden im Rahmen von Publikation 3 mit bereits publizierten Resultaten einer in SutureBridge-Technik operierten Kohorte verglichen.

Ergebnisse

Sowohl bei der Verwendung bioresorbierbarer als auch nicht resorbierbarer Fadenanker konnten in Publikation 1 periimplantäre Flüssigkeitsansammlungen und Ankerkanalerweiterungen nach einem mittleren Follow-up von 28 Monaten nachgewiesen werden. Dabei zeigte sich unabhängig vom Material eine signifikante Vergrößerung der lateralen Ankerkanäle. Weder klinisch noch radiologisch ergaben sich signifikante Unterschiede. In dem radiologisch engmaschig nach-untersuchten Patientenkollektiv der zweiten Studie (7 Tage, 3, 6, 12, 26, 52, 108 Wochen) traten Redefekte zwischen dem 12. und

dem 24. Monat auf. In diesen Fällen dominierte ein mediales Versagensmuster. Knochenödeme bildeten sich nach sechs Monaten zurück, Osteolysezeichen wurden ab dem dritten Monat zunehmend apparent. In der SpeedBridge-Kohorte ergab sich bei einer Redefektrate von 22,7 Prozent ein vermindertes Auftreten des Medial-Cuff-Failures. Innerhalb dieses Kollektivs sowie im direkten Vergleich mit der SutureBridge-Kontrollgruppe konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Sehnenintegrität, Redefektrate oder muskulärer Degeneration festgestellt werden.

Schlussfolgerung

Unabhängig von Implantat und von der operativen Technik zeigten sich gute klinische und radiologische Ergebnisse. Sowohl bioresorbierbare als auch nicht resorbierbare Fadenanker führten zu ossären Reaktionen, ohne dass eine Korrelation mit klinischen Ergebnissen bestand. Postoperative Knochenödeme scheinen physiologisch innerhalb der ersten sechs Monate regredient zu sein. Die festgestellte Redefektrate entspricht der aktuellen Literatur, wobei radiologisch ein gehäuftes Auftreten im postoperativen Jahr beobachtet werden konnte. Die Anzahl medialer Versagensmuster lässt sich anscheinend durch Reduktion der medialen Sehnenstrangulation mittels knotenfreier SpeedBridge-Technik vermindern.

1.2. Englisch

Introduction

Nowadays, there are a variety of options in the arthroscopic treatment of rotator cuff lesions. Thereby, the applied technique as well as suture anchor material may have a great influence on clinical and radiological outcome. Therefore, postoperative alterations in the musculotendinous unit as well as osseous reactions are subject to the following studies.

Methods

Patients enrolled were either treated by using the modified SutureBridge or the knotless SpeedBridge technique . The implants were bio-resorbable poly-L-lactic acid (PLLA) or non-resorbable polyetheretherketon (PEEK) anchors. At follow-up, clinical evaluation was performed by using the Subjective Shoulder Value, the Constant Score and the Western Ontario Rotator Cuff Index. Radiological assessment regarding tendon integrity, muscular atrophy and fatty infiltration was conducted. Furthermore, osseous reactions such as peri-implant fluid, anchor tunnel expansion, signs of osteolysis and postoperative bone marrow edema were analyzed. Patients operated in SpeedBridge technique were compared to already published data of patients treated in modified SutureBridge technique.

Results

At 28 month follow-up radiological assessment revealed peri-implant fluid and tunnel widening in patients treated with bio-absorbable and non-resorbable anchors (publication 1). Irrespectively of the material used, tunnel expansion was significantly higher in lateral anchors. Neither clinical results nor the integrity failure rate or muscular degeneration differed. In publication 2, altogether 13 Patients could be assessed after seven follow-up MR examinations until 108 weeks postoperatively. Recurrent defects of the tendon became apparent after 12 and 24 months, while the dominant pattern was a medial cuff failure. Muscular degeneration did not differ. Bone marrow edema disappeared after six months, while signs of osteolysis became apparent after three months and increased until final follow-up. Patients operated in SpeedBridge technique showed a decrease in medial cuff failures (publication 3). Muscular atrophy or fatty

degeneration did not increase between follow-up or in comparison with the control group.

Conclusion

Regardless of the technique or material applied, clinical and radiological results were satisfactory without any differences regarding clinical outcome, muscular degeneration or integrity failure rate. Bio-absorbable and non-resorbable anchors led to osseous reactions, whereas consequences on clinical outcome remain unclear. The disappearance of postoperative bone marrow edema after six months seems to reflect the physiological process. Re-tear rates match current literature, while integrity failures appeared between twelve and 24 months postoperatively. The number of medial cuff failures seems to decrease when using the knotless SpeedBridge technique.

2. Einleitung

2.1. Einführung

Von zunächst offenen Verfahren über Mini-open-Verfahren bis hin zu arthroskopischen Techniken haben sich in den letzten Jahren verschiedene Behandlungsmethoden und Operationstechniken in der operativen Versorgung musklotendinöser Verletzungen der Rotatorenmanschette entwickelt. Weitestgehend etabliert hat sich heutzutage die arthroskopische Doppelreihentechnik, die sich in biomechanischen Studien gegenüber der Einzelreihenversorgung überlegen zeigt (1-4). Klinische Studien konnten allerdings bislang keine signifikante Überlegenheit der Doppelreihenversorgung gegenüber der Einzelreihenversorgung belegen (5-9). Die Verwendung einer medialen und lateralen Fadenankerreihe zur Abdeckung des Footprints und zum Erreichen einer möglichst anatomischen Rekonstruktion wurde bereits 2003 von Lo und Burkhart beschrieben (10). Diese wurde durch Park et al. modifiziert und als „transosseous equivalent technique“, auch SutureBridge-Technik genannt, publiziert (11).

Hauptkomplikation nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion stellen nach wie vor Redefekte der Rotatorenmanschette dar, deren Prävalenz in der Literatur mit 11 bis 94 Prozent beschrieben wird (12-20). Obwohl die Genese von Redefekten multifaktoriell ist und Faktoren wie muskuläre Atrophie, Verfettung und Rupturausdehnung einen wichtigen Einfluss haben, zeigen sich in Abhängigkeit der angewandten Technik spezifische Versagensmuster. Typisch für die Doppelreihentechnik ist der „medial cuff failure“, bei dem die Verknotung der Fäden zu einer Strangulation der Sehne zentral der medialen Ankerreihe führt (21). Gegenwärtig werden knotenfreie Operationstechniken wie die SpeedBridge-Technik erforscht, die zeitsparend sind und einen medialen Versagensmechanismus umgehen (22).

Die Anwendung bioresorbierbarer Ankermaterialien in der arthroskopischen Chirurgie hat in den vergangenen Jahren zugenommen. Biomechanische Studien wiesen gleichwertige Ergebnisse hinsichtlich initialer Belastbarkeit, Auszugsfestigkeit und zyklischer Belastung bei bioresorbierbaren poly-L-lactic acid (PLLA-)Ankern und nicht resorbierbaren Polyetheretherketonen (PEEK) nach (23-25). Andere Studien beschreiben Schultersteife aufgrund von Osteolyse, Arthropathien und Verletzungen des Gelenkknorpels nach Implantation bioresorbierbarer Anker (26-31). Allerdings fehlen weiterhin Daten zu den biomechanischen Eigenschaften und dem langfristigen Verhalten der Ankermaterialien, nachdem sie in den Knochen eingebracht wurden.

Ebenso finden sich bisher wenige Studien, die den Zusammenhang zwischen radiologisch apparenten Knochenreaktionen und ihrer klinischen Ausprägung analysieren. Bioresorbierbaren Implantaten stehen inerte PEEK-Fadenanker gegenüber, die einerseits weniger Reaktionen im Knochen hervorrufen sollen, andererseits jedoch zu schlechterer Osteointegration führen (32).

Weitere Vorteile der bioresorbierbaren Implantate liegen sowohl in der Revisionschirurgie als auch in der postoperativen Darstellung (33). Dabei wird die Magnetresonanztomographie (MRT) in der Diagnostik degenerativer Veränderungen oder Verletzungen im Bereich der Rotatorenmanschette standardmäßig eingesetzt. Neben der Darstellung der Morphologie von Sehnenrupturen lassen sich degenerative Veränderungen der Muskulatur wie Atrophie oder Verfettung messen. Dies ermöglicht deren Ursachen sowie ihr zeitliches Auftreten zu analysieren und in Zusammenhang mit klinischer Funktionalität und radiologisch apparenten Redefekten zu stellen. Darüber hinaus können Ödeme im Bereich des Knochens oder osteolytische Bereiche in der Umgebung eingebrachter Fremdmaterialien abgegrenzt werden. Konsekutive Untersuchungen des gleichen Patientenkollektivs ermöglichen zusätzlich eine Analyse des zeitlichen Heilungsverlaufs sowie des Auftretens von Redefekten oder ossären Reaktionen. Bislang beleuchten wenige Studien das zeitliche Auftreten von postoperativen Redefekten oder muskulärer Degeneration (34,35).

2.2. Zielsetzung

Das Ziel der ersten Studie lag neben dem Erfassen klinischer Ergebnisse in der kernspintomographischen Analyse ossärer Reaktionen. Dabei wurden bioresorbierbare PLLA-Anker mit nicht resorbierbaren PEEK-Fadenankern verglichen. Besonderes Augenmerk galt dem Auftreten periimplantärer Flüssigkeit sowie der Ankerkanalerweiterung.

Die Evaluation der Supraspinatussehnenintegrität sowie des Verhaltens von Knochenödemen und des Auftretens implantatassoziiertes Osteolysen innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren war das Ziel der zweiten Publikation. Mittels sieben aufeinanderfolgenden kernspintomographischen Untersuchungen sollte der zeitliche Verlauf möglichst genau erfasst werden.

Ziel der dritten Publikation war es, die klinischen und radiologischen Ergebnisse der knotenfreien SpeedBridge-Technik im Verlauf von drei Nachuntersuchungen

auszuwerten und hinsichtlich der Redefektrate sowie der Defektmorphologie zu analysieren. Diese Ergebnisse wurden anschließend mit Werten von Patienten einer bereits publizierten Studie verglichen, die mittels der arthroskopisch modifizierter SutureBridge-Technik operiert wurden. Der Fokus lag auf dem Versagensmuster.

3. Methoden

3.1. Patientenkollektiv

Die eingeschlossenen Patienten der drei Publikationen entstammen dem Kollektiv arthroskopisch operierter Rotatorenmanschettenläsionen des Zentrums für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité - Universitätsmedizin Berlin. Alle Patienten wurden in Doppelreihentechnik versorgt. Voraussetzung waren eine rekonstruierbare Supraspinatussehnenruptur entsprechend Bateman II-III und eine Sehnenretraktion Grad I-II nach Patte (36,37). Patienten mit Pathologien der langen Bizepssehne, subakromialer Dekompression oder Resektion der lateralen Clavicula wurden ebenfalls eingeschlossen. Ausgeschlossen hingegen wurden Patienten mit Schultersteife, Arthrose oder Revisionsoperation.

In Publikation 1 wurden initial 50 Patienten eingeschlossen, die mittels arthroskopisch modifizierter SutureBridge-Technik operiert wurden. Entsprechend des verwendeten Fadenankermaterials erfolgte die Aufteilung in zwei Subkollektive. Nach einem mittleren Follow-up von 28 Monaten konnten 16 Patienten, die mit bioresorbierbaren PLLA-Fadenankern und 20 Patienten, die mit inerten PEEK-Fadenankern versorgt wurden, evaluiert werden.

Entsprechend der Ein- und Ausschlusskriterien wurden in Studie 2 insgesamt 13 Patienten identifiziert, die in modifizierter SutureBridge-Technik operiert und innerhalb der ersten sieben Tage postoperativ sowie nach 3, 6, 12, 26, 54 und 108 Wochen kernspintomographisch nachuntersucht wurden.

In Publikation 3 umfasste die Stichprobe 33 mittels SutureBridge-Technik operierte Patienten. Insgesamt 20 Teilnehmer konnten zu drei postoperativen Zeitpunkten (nach 1-3, 12 und 24 Monaten) mittels MRT nachuntersucht werden. Diese Resultate wurden anschließend mit den klinischen und radiologischen Ergebnissen eines in modifizierter SutureBridge-Technik operierten Patientenkollektivs verglichen.

3.2. Operative Versorgung

In Vorbereitung der Operation wurden die Patienten in Beach-Chair-Position gelagert und eine perioperative Antibiose verabreicht. Der Eingriff wurde in Intubationsnarkose durchgeführt. Zunächst erfolgte über ein posteriores Standardportal eine diagnostische Arthroskopie. So konnten Begleitpathologien diagnostiziert und gegebenenfalls

adressiert werden (Akromioplastik, Tenodese oder Tenotomie). Anschließend erfolgte die Darstellung der Rotatorenmanschettenläsion, die entsprechend ihrer Größe nach Patte und entsprechend der Sehnenretraktion nach Bateman klassifiziert wurde. Nach Debridement des Sehnenstumpfes und Anfrischen der Sehneninsertionsstelle erfolgte die Rekonstruktion.

Doppelreihenversorgung in arthroskopisch modifizierter SutureBridge-Technik

Bei dieser Technik wird zunächst eine mediale Fadenankerreihe am osteochondralen Übergang platziert. Die Fadenanker der medialen Reihe sind jeweils mit zwei Fibre Wire-Fadenpaaren (Arthrex, Naples, Florida, USA) besetzt. Entsprechend der modifizierten SutureBridge-Technik werden anschließend beide Fadenpaare in Matratzenahtkonfiguration durch die Sehne geführt und mediallyseitig verknötet (4,18). Nun werden die beiden innen gelegenen Fadenpaare überkreuzt und eine SutureBridge-Konfiguration gebildet. Die verbliebenen anterior und posterior gelegenen Fadenpaare werden ipsilateral vorgelegt. Die Fadenenden werden anschließend über eine PushLock-Ankerreihe (Arthrex) im Bereich des lateralen Sehnen-Footprints fixiert.

Doppelreihenversorgung in arthroskopischer knotenfreier SpeedBridge-Technik

Die mediale Ankerreihe, bestehend aus knotenlosen SwiveLock-Ankern (Arthrex), wird bei dieser Technik mit 2mm breiten FiberTape (Arthrex) bestückt. Dieses wird ebenfalls mit einem speziellen Instrumentarium (Scorpion Suture Passer, Arthrex) durch die Sehne geführt, wobei jedes Fadenende einzeln die Sehne perforiert (4,18). Ohne die Fäden zu verknöten, werden diese in SutureBridge-Konfiguration über die Sehne gelegt und mittels lateraler Ankerreihe fixiert.

Implantate

Für die mediale Sehnenrefixation wurden entweder bioresorbierbare poly-Llactic acid (PLLA) oder nicht resorbierbare polyetheretherketon (PEEK) Fadenanker verwendet. Die verwendeten Materialien der lateralen Ankerreihe orientierten sich an der Besetzung der Medialen. Analog wurden resorbierbare Bio-PushLock- oder nicht resorbierbare PEEK-PushLock-Anker (Arthrex) eingesetzt. Sowohl FibreWire als auch FiberTape bestehen aus nicht resorbierbaren Polyestern.

3.3. Postoperative Rehabilitation

Die postoperative Nachbehandlung wurde bei allen Patienten in gleicher Weise durchgeführt. Unmittelbar nach der Operation erfolgte die Anlage einer Schulterorthese (UltraSling II, Donjoy, CA, USA), die für insgesamt sechs Wochen getragen werden sollte. In diesem Zeitraum durfte nur passiv mobilisiert werden. In den ersten drei Wochen wurden Flexion und Abduktion auf 60 Grad limitiert. Für die vierte bis sechste Woche wurde der Bewegungsumfang auf 90 Grad gesteigert. Die Außenrotation durfte passiv bis 30 Grad, die Innenrotation bis 60 Grad geübt werden. Im Anschluss wurde das Bewegungsausmaß graduell gesteigert. Zusätzliches Training für die Rotatorenmanschette und den Musculus Deltoideus wurde anschließend empfohlen.

3.4. Nachuntersuchung

Klinische Evaluation

Im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung erfolgte (bis auf Publikation 2) die Einschätzung der Funktionsfähigkeit mittels subjektiver und objektiver Schulter-Scores. Um die individuelle Funktion der Schulter einzuschätzen, wurde der „Subjective Shoulder Value“ (SSV) verwendet (38). Als objektive Fragebögen wurden der „Constant Score“ (CS) sowie der „Western Ontario Rotator Cuff Index“ (WORC-Index) verwendet (38,39). Es wurden stets beide Schultern vollständig untersucht.

Radiologische Evaluation

Alle eingeschlossenen Patienten wurden mit kernspintomographischer Bildgebung der betroffenen Schulter nachuntersucht. Den Publikationen entsprechend, erfolgte die Nachuntersuchung zu definierten postoperativen Zeitpunkten. Für die Durchführung wurde ein 1.5-Tesla-System (Signa Twin Speed, General Electric, Milwaukee, WI, USA) verwendet. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels der Arbeitsstation „Advantage Windows“ (General Electric, Milwaukee, WI, USA) und des Softwareprogramm "Functool 2.5.24" (General Electric). Die betroffene Schulter des Patienten wurde in Neutralposition in einer Schulterspule positioniert. Für die Untersuchungen wurden standardisierte Sequenzen verwendet um reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Die Auswertung der Sehnenintegrität und der Redefektrate erfolgte anhand der parakoronaren Sequenzen (40). Die fettige Infiltration wurde durch eine Signalintensitätsanalyse gemäß Scheibel et al. unter Verwendung der para-

sagittalen Sequenzen in T1-Gewichtung analysiert (41). Hierzu wird das entsprechende MR-Schnittbild identifiziert, in dem die Skapula die sogenannte Y-Form aufweist. Anschließend werden fünf identische, ellipsenförmige Kreise in den Supraspinatus-muskel und den Musculus Teres Minor gelegt, um die Dichtewerte der Muskulatur zu messen. Mithilfe dieser Messung lässt sich die SSR (signal-to-signal-ratio) kalkulieren. Die muskuläre Atrophie nach Thomazeau wurde anhand der gleichen Sequenz ausgewertet (42). Ossäre Reaktionen wie Osteolysen, Ankerkanalerweiterungen, periimplantäre Flüssigkeit und Knochenmarködeme wurden ebenfalls in den trans-axialen und parakoronaren Schichten ausgewertet. Dabei wurde die Ankerstruktur analysiert und entsprechend der Sichtbarkeit in vier Grade eingeteilt. Der periimplantäre Flüssigkeitssaum wurde bestimmt und anschließend ebenfalls in vier Grade unterteilt. Änderungen des Ankerkanals wurden ausgehend von einer zentralen Achse, die in den Fadenanker gelegt wurde, gemessen.

3.5. Statistische Auswertungsverfahren

Die statistische Analyse wurde mithilfe des Statistikpakets für Sozialwissenschaften (SPSS Inc., Version 16.0. Chicago, USA) durchgeführt. Für einzelne Werte wurde zusätzlich Excel herangezogen. Die inferenzstatistischen Tests wurden auf einem Signifikanzniveau von fünf Prozent ($p < 0,05$) durchgeführt. Zur Ermittlung der Gruppenunterschiede wurden in einem ersten Schritt Mittelwerte \pm Standardabweichung berechnet. Für die Evaluation der Korrelation wurde Spearmans Rangkorrelationskoeffizient verwendet.

Mithilfe des Chi-Quadrat-Tests, des Exakten Fisher-Tests, des zweiseitigen Mann-Whitney-U-Tests für nicht-parametrische Daten und der ANOVA wurden die Gruppenunterschiede auf Signifikanz geprüft.

4. Ergebnisse

In Publikation 1 zeigen sich klinisch nach einem Follow-up von 28,4 Monaten keine statistisch signifikanten Unterschiede im direkten Vergleich von Patienten, die mit resorbierbaren PLLA-Ankern (erstgenannt), und Patienten, die mit nicht resorbierbaren PEEK-Ankern (zweitgenannt) versorgt wurden: SSV $91,6 \pm 19,9$ % versus $86,7 \pm 19,6$ %; CS $79,2 \pm 13,7$ Punkte versus $76,3 \pm 9,0$ Punkte; WORC $92,4 \pm 19,8$ % versus $83,3 \pm 19,6$ %; $p > 0,05$). Ebenso erbrachte die radiologische Auswertung vergleichbare Ergebnisse. Sowohl die Redefektrate als auch muskuläre Verfettung und Atrophie divergierten nicht signifikant. Insgesamt erfolgte die Implantation von bis zu vier Fadenankern pro Patient, sodass insgesamt 125 Implantate analysiert werden konnten (51 PLLA, 74 PEEK). Es zeigte sich, dass beide Materialien zu intraossären Reaktionen führten. Dabei trat periimplantäre Flüssigkeit vermehrt bei PLLA-Ankern auf ($p < 0,05$). Die Erweiterung des Ankerkanals war nicht signifikant unterschiedlich und betrug $0,9 \text{ mm} \pm 0,7 \text{ mm}$ (PLLA) und $0,8 \text{ mm} \pm 0,6 \text{ mm}$ (PEEK). Im direkten Vergleich aller medial eingebrachten resorbierbaren und nicht resorbierbaren Fadenanker mit der lateralen Ankerreihe zeigte sich lateralseitig eine signifikante Erweiterung der Ankerkanäle ($p < 0,00037$). Weder die Ankerkanalerweiterung noch periimplantäre Flüssigkeit oder muskuläre Atrophie korrelierten signifikant mit der Sehnenintegrität ($p > 0,05$).

Die Analyse der seriell durchgeführten MRT-Untersuchungen von Publikation 2 ergab, dass fünf von sechs Redefekten zwischen dem 12. und 24. Monat postoperativ auftraten. In vier von sechs Fällen handelte es sich dabei um ein mediales Versagensmuster. Es zeigten sich keine statistisch relevanten Veränderungen zwischen den einzelnen Zeitpunkten hinsichtlich muskulärer Atrophie oder Verfettung. Knochenödeme nahmen zunächst signifikant bis zur dritten postoperativen Woche zu, waren jedoch ab der sechsten Woche signifikant rückläufig. Sechs Monate postoperativ waren keine Ödeme mehr zu detektieren. Osteolysen wurden erstmalig zwölf Wochen postoperativ apparent und waren bis zur letzten Untersuchung signifikant größenprogredient ($p < 0,014$).

In Publikation 3 zeigte sich bei Patienten, die mittels SpeedBridge-Technik operiert wurden, eine geringe Zunahme des SSV ($88,0 \pm 18,7$ % zu $88,7 \pm 14,9$ %) und des WORC ($86,5 \pm 19,5$ % zu $87,1 \pm 18,2$ %) zwischen der ersten Follow-up-Untersuchung nach zwölf Monaten bis hin zum Endpunkt der Studie nach 24 Monaten. Die Werte des

CS hingegen sanken: $80,7 \pm 9,2$ Punkte zu $78,2 \pm 13,2$ Punkte. Kernspintomographisch zeigten sich nach den ersten drei Wochen postoperativ alle Sehnen vollständig erhalten. Nach zwölf und 24 Monaten ergab sich eine konstante Redefektrate von 22,7 Prozent. Lediglich in zwei von fünf Fällen zeigte sich ein mediales Versagensmuster bei Anwendung der knotenfreien SpeedBridge-Technik. Verglichen mit der SutureBridge-Kontrollgruppe konnten weder für den SSV noch den CS oder den WORC-Score signifikante Unterschiede festgestellt werden. Ebenso unterschieden sich die Redefektraten und die muskuläre Atrophie nicht signifikant. Die Auswertung des Redefektmusters ergab in der SutureBridge-Kontrollgruppe ein mediales Versagen der Rekonstruktion in vier von fünf Fällen.

5. Diskussion

Eine neue Beobachtung ist das Auftreten ossärer Reaktion mit teils ausgeprägten Flüssigkeitssäumen und Ankerkanalerweiterungen sowohl bei inerten als auch bioresorbierbaren Materialien. Bislang wurden Abbauprodukte des Zersetzungsprozesses bei resorbierbaren Materialien als mögliche Ursache für periimplantäre Flüssigkeit identifiziert (43-45). Diese erklären allerdings nicht das Auftreten bei PEEK-Implantaten. Als weiterer Faktor für die Entstehung von ossären Reaktionen wurde mechanische Belastung diskutiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die mediale Fadenankerreihe einer höheren Belastung ausgesetzt ist (4,21,46-48). In der vorliegenden Studie zeigt sich jedoch bei Verwendung identischen Materials in zwei verschiedenen Lokalisationen eine signifikante Erweiterung der lateralen, mechanisch eigentlich weniger beanspruchten Ankerkanäle. Ursachen für dieses Phänomen könnten eine verminderte Abdeckung durch die refixierte Sehne im äußeren Bereich der Sehneninsertionsstelle, vermehrte Mikrobewegungen bei geringerer Ankergröße oder eine weichere Knochensubstanz im lateralen Humeruskopfbereich sein (49). Interessanterweise konnten trotz signifikanter lateralseitiger Ankerkanalerweiterung keine Unterschiede bezüglich periimplantärer Flüssigkeit festgestellt werden. Osteolysen wurden in den seriellen MRT-Untersuchungen bereits nach zwölf Wochen beobachtet und deren Progredienz in den Folgeuntersuchungen belegt. Bislang findet sich in der aktuellen Literatur lediglich eine weitere Publikation von Pilge et al., die kernspintomographisch Osteolysen bei resorbierbaren Fadenankern nach 37 Monaten nachweist (50). Weitere Verlaufsuntersuchungen zu mehreren postoperativen Zeitpunkten stehen bisher aus. Pilge et al. konnten wie auch in den vorliegenden Studien keinen Zusammenhang zwischen ossären Reaktionen und klinischer Funktionalität ableiten (50). Die Entstehung ossärer Reaktionen und auch der Zeitpunkt ihres Auftretens sowie ihre langfristigen Auswirkungen auf die Funktionalität sollten daher Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Die Verlaufsbeobachtung der Knochenödeme wies ein unmittelbar postoperatives Auftreten mit anschließend vollständiger Regredienz innerhalb von sechs Monaten nach. Bei komplikationslosem Verlauf und ubiquitärem Auftreten bei allen Patienten ist davon auszugehen, dass dies den physiologischen Verlauf widerspiegelt. Da Knochenödeme, abgesehen von solchen mit traumatischen Ursachen, bei postoperativen Gelenkinfekten auftreten, könnte die Persistenz eines Ödems auf pathologische Vorgänge hinweisen (51).

In keinem der untersuchten Patientenkollektive konnten im direkten Vergleich der Kohorten signifikante Unterschiede hinsichtlich der fettigen Infiltration oder der muskulären Atrophie festgestellt werden. Auch zwischen den verschiedenen Follow-up-Untersuchungen von Publikation 2 und 3 ließen sich keine signifikanten Differenzen erkennen beziehungsweise ableiten. Die Bedeutung der postoperativen muskulären Degeneration und ihr Zusammenhang mit muskulotendinösem Rekonstruktionsversagen bieten interessante Fragestellungen für die weitere Forschung.

Das Auftreten postoperativer Redefekte ließ sich kernspintomographisch ab dem ersten Jahr postoperativ nachweisen. Dies galt sowohl für die Patienten, die im Rahmen der seriellen MRT-Untersuchungen mittels SutureBridge-Technik operiert wurden, als auch für Patienten, die mittels SpeedBridge-Technik versorgt wurden. Dies steht im Gegensatz zu den publizierten Ergebnissen anderer Studien, die das frühe postoperative Auftreten von Redefekten in den ersten drei Monaten beschreiben (34,35,52). Die Redefektraten der ersten und dritten Studie belaufen sich auf 22 und 37 Prozent. Diese Zahlen entsprechen den Angaben in der Literatur bei der Versorgung vollständiger Manschettenläsionen in Doppelreihentechnik (19,53-55). Bekanntermaßen korrelieren radiologisch apparente Redefekte häufig nicht mit den klinischen Ergebnissen, so auch in den vorliegenden Studien (56-58). Unterschiede zeigen sich hinsichtlich des Redefektmusters. Im Gegensatz zu der knotenfreien SpeedBridge-Technik überwiegt bei Anwendung der SutureBridge-Technik das mediale Rekonstruktionsversagen. Dies zeigt sich ebenfalls anhand der seriell untersuchten Patienten von Publikation 2. In der aktuellen Literatur werden verschiedene Ursachen diskutiert, die zu einem medialen Defekt führen, während lateralseitig eine intakte Sehne vorzufinden ist. Neben Strangulation der Sehne am muskulotendinösen Übergang durch Verknotung der Fäden wird die vermehrte Belastung der medialen Ankerreihe sowie des Muskel-Sehnen-Übergangs diskutiert (21,59-62). Darüber hinaus können die Knoten zu Impingement im Bereich der medialen und lateralen Sehne führen. Auch wenn biomechanische Studien eine höhere initiale Belastbarkeit bei der Verwendung geknoteter Verfahren nachweisen, könnten das verringerte Auftreten medialer Versagensmuster sowie verkürzte Operationszeiten durch vereinfachtes Fadenmanagement bei gleichwertigen klinischen Ergebnissen für die Verwendung knotenfreier Techniken sprechen.

6. Literaturverzeichnis

1. Kim DH, Elattrache NS, Tibone JE, Jun BJ, DeLaMora SN, Kvitne RS, Lee TQ. Biomechanical comparison of a single-row versus double-row suture anchor technique for rotator cuff repair. *Am J Sports Med* 2006;34:407-14.
2. Smith CD, Alexander S, Hill AM, Huijsmans PE, Bull AM, Amis AA, De Beer JF, Wallace AL. A biomechanical comparison of single and double-row fixation in arthroscopic rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:2425-31.
3. Baums MH, Buchhorn GH, Gilbert F, Spahn G, Schultz W, Klinger HM. Initial load-to-failure and failure analysis in single- and double-row repair techniques for rotator cuff repair. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:1193-9.
4. Pauly S, Kieser B, Schill A, Gerhardt C, Scheibel M. Biomechanical comparison of 4 double-row suture-bridging rotator cuff repair techniques using different medial-row configurations. *Arthroscopy* 2010;26:1281-8.
5. Buess E, Waibl B, Vogel R, Seidner R. A comparative clinical evaluation of arthroscopic single-row versus double-row supraspinatus tendon repair. *Acta Orthop Belg* 2009;75:588-94.
6. Grasso A, Milano G, Salvatore M, Falcone G, Deriu L, Fabbriciani C. Single-row versus double-row arthroscopic rotator cuff repair: a prospective randomized clinical study. *Arthroscopy* 2009;25:4-12.
7. Aydin N, Kocaoglu B, Guven O. Single-row versus double-row arthroscopic rotator cuff repair in small- to medium-sized tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2010;19:722-5.
8. Pennington WT, Gibbons DJ, Bartz BA, Dodd M, Daun J, Klinger J, Popovich M, Butler B. Comparative analysis of single-row versus double-row repair of rotator cuff tears. *Arthroscopy* 2010;26:1419-26.
9. Lapner PL, Sabri E, Rakhra K, McRae S, Leiter J, Bell K, Macdonald P. A multicenter randomized controlled trial comparing single-row with double-row fixation in arthroscopic rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:1249-57.
10. Lo IK, Burkhart SS. Double-row arthroscopic rotator cuff repair: re-establishing the footprint of the rotator cuff. *Arthroscopy* 2003;19:1035-42.
11. Park MC, Elattrache NS, Ahmad CS, Tibone JE. "Transosseous-equivalent" rotator cuff repair technique. *Arthroscopy* 2006;22:1360 e1-5.
12. Harryman DT, 2nd, Mack LA, Wang KY, Jackins SE, Richardson ML, Matsen FA, 3rd. Repairs of the rotator cuff. Correlation of functional results with integrity of the cuff. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:982-9.
13. Gazielly DF, Gleyze P, Montagnon C. Functional and anatomical results after rotator cuff repair. *Clin Orthop Relat Res* 1994:43-53.
14. 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. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A:219-24.
15. Klepps S, Bishop J, Lin J, Cahlon O, Strauss A, Hayes P, Flatow EL. Prospective evaluation of the effect of rotator cuff integrity on the outcome of open rotator cuff repairs. *Am J Sports Med* 2004;32:1716-22.

16. 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? *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:1229-40.
17. Jost B, Zumstein M, Pfirrmann CW, Gerber C. Long-term outcome after structural failure of rotator cuff repairs. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:472-9.
18. Pauly S, Gerhardt C, Chen J, Scheibel M. Single versus double-row repair of the rotator cuff: does double-row repair with improved anatomical and biomechanical characteristics lead to better clinical outcome? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18:1718-29.
19. Cho NS, Lee BG, Rhee YG. Arthroscopic rotator cuff repair using a suture bridge technique: is the repair integrity actually maintained? *Am J Sports Med* 2011;39:2108-16.
20. Randelli P, Spennacchio P, Ragone V, Arrigoni P, Casella A, Cabitza P. Complications associated with arthroscopic rotator cuff repair: a literature review. *Musculoskelet Surg* 2012;96:9-16.
21. Trantalis JN, Boorman RS, Pletsch K, Lo IK. Medial rotator cuff failure after arthroscopic double-row rotator cuff repair. *Arthroscopy* 2008;24:727-31.
22. Pauly S, Fiebig D, Kieser B, Albrecht B, Schill A, Scheibel M. Biomechanical comparison of four double-row speed-bridging rotator cuff repair techniques with or without medial or lateral row enhancement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011;19:2090-7.
23. Barber FA, Herbert MA, Beavis RC, Barrera Oro F. Suture anchor materials, eyelets, and designs: update 2008. *Arthroscopy* 2008;24:859-67.
24. Barber FA, Herbert MA, Hapa O, Rapley JH, Barber CA, Bynum JA, Hrnack SA. Biomechanical analysis of pullout strengths of rotator cuff and glenoid anchors: 2011 update. *Arthroscopy* 2011;27:895-905.
25. Chu T, McDonald E, Tufaga M, Kandemir U, Buckley J, Ma CB. Comparison of completely knotless and hybrid double-row fixation systems: a biomechanical study. *Arthroscopy* 2011;27:479-85.
26. Freehill MQ, Harms DJ, Huber SM, Atlihan D, Buss DD. Poly-L-lactic acid tack synovitis after arthroscopic stabilization of the shoulder. *Am J Sports Med* 2003;31:643-7.
27. Athwal GS, Shridharani SM, O'Driscoll SW. Osteolysis and arthropathy of the shoulder after use of bioabsorbable knotless suture anchors. A report of four cases. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:1840-5.
28. Boden RA, Burgess E, Enion D, Srinivasan MS. Use of bioabsorbable knotless suture anchors and associated accelerated shoulder arthropathy: report of 3 cases. *Am J Sports Med* 2009;37:1429-33.
29. Nusselt T, Freche S, Klinger HM, Baums MH. Intraosseous foreign body granuloma in rotator cuff repair with bioabsorbable suture anchor. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:1037-40.
30. Park MJ, Hsu JE, Harper C, Sennett BJ, Huffman GR. Poly-L/D-lactic acid anchors are associated with reoperation and failure of SLAP repairs. *Arthroscopy* 2011;27:1335-40.
31. McCarty LP, 3rd, Buss DD, Datta MW, Freehill MQ, Giveans MR. Complications observed following labral or rotator cuff repair with use of poly-L-lactic acid implants. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:507-11.
32. Webster TJ, Patel AA, Rahaman MN, Sonny Bal B. Anti-infective and osteointegration properties of silicon nitride, poly(ether ether ketone), and titanium implants. *Acta Biomater* 2012;8:4447-54.
33. Kurtz SM, Devine JN. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. *Biomaterials* 2007;28:4845-69.
34. Kluger R, Bock P, Mittlbock M, Krampla W, Engel A. Long-term survivorship of rotator cuff repairs using ultrasound and magnetic resonance imaging analysis. *Am J Sports Med* 2011;39:2071-81.

35. Iannotti JP, Deutsch A, Green A, Rudicel S, Christensen J, Marraffino S, Rodeo S. Time to failure after rotator cuff repair: a prospective imaging study. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:965-71.
36. Patte D. Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop Relat Res* 1990;81-6.
37. Willcox PA, Bateman ED, Potgieter PD, Benatar SR. Experience with fiberoptic bronchoscopy in the diagnosis of pulmonary shadows in renal transplant recipients over a 12-year period. *Respir Med* 1990;84:297-302.
38. Gilbert MK, Gerber C. Comparison of the subjective shoulder value and the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg* 2007;16:717-21.
39. Huber W, Hofstaetter JG, Hanslik-Schnabel B, Posch M, Wurnig C. [Translation and psychometric testing of the Western Ontario Rotator Cuff Index (WORC) for use in Germany]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2005;143:453-60.
40. Sugaya H, Maeda K, Matsuki K, Moriishi J. Functional and structural outcome after arthroscopic full-thickness rotator cuff repair: single-row versus dual-row fixation. *Arthroscopy* 2005;21:1307-16.
41. Scheibel M, Nikulka C, Dick A, Schroeder RJ, Popp AG, Haas NP. Structural integrity and clinical function of the subscapularis musculotendinous unit after arthroscopic and open shoulder stabilization. *Am J Sports Med* 2007;35:1153-61.
42. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval JM, Langlais F. Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand* 1996;67:264-8.
43. Weiler A, Hoffmann RF, Stahelin AC, Helling HJ, Sudkamp NP. Biodegradable implants in sports medicine: the biological base. *Arthroscopy* 2000;16:305-21.
44. Bostman OM, Laitinen OM, Tynnenen O, Salminen ST, Pihlajamaki HK. Tissue restoration after resorption of polyglycolide and poly-lactide screws. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87:1575-80.
45. Gonzalez-Lomas G, Cassilly RT, Remotti F, Levine WN. Is the etiology of pretibial cyst formation after absorbable interference screw use related to a foreign body reaction? *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:1082-8.
46. Burkhart SS. Case report by Drs. Glueck, Wilson, and Johnson entitled "Extensive osteolysis after rotator cuff repair with a bioabsorbable suture anchor" (May 2005, pages 742-744). *Am J Sports Med* 2005;33:1768.
47. Glueck D, Wilson TC, Johnson DL. Extensive osteolysis after rotator cuff repair with a bioabsorbable suture anchor: a case report. *Am J Sports Med* 2005;33:742-4.
48. Busfield BT, Glousman RE, McGarry MH, Tibone JE, Lee TQ. A biomechanical comparison of 2 technical variations of double-row rotator cuff fixation: the importance of medial row knots. *Am J Sports Med* 2008;36:901-6.
49. Yakacki CM, Poukalova M, Guldberg RE, Lin A, Saing M, Gillogly S, Gall K. The effect of the trabecular microstructure on the pullout strength of suture anchors. *J Biomech* 2010;43:1953-9.
50. Pilge H, Spang J, Rose T, Wolter H, Woertler K, Imhoff AB. Osteolysis after rotator cuff repair with bioabsorbable anchors. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012;132:305-10.
51. Bierry G, Huang AJ, Chang CY, Torriani M, Bredella MA. MRI findings of treated bacterial septic arthritis. *Skeletal Radiol* 2012;41:1509-16.
52. Miller BS, Downie BK, Kohlen RB, Kijek T, Lesniak B, Jacobson JA, Hughes RE, Carpenter JE. When do rotator cuff repairs fail? Serial ultrasound examination after arthroscopic repair of large and massive rotator cuff tears. *Am J Sports Med* 2011;39:2064-70.

53. Franceschi F, Ruzzini L, Longo UG, Martina FM, Zobel BB, Maffulli N, Denaro V. Equivalent clinical results of arthroscopic single-row and double-row suture anchor repair for rotator cuff tears: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2007;35:1254-60.
54. Kim KC, Shin HD, Lee WY, Han SC. Repair integrity and functional outcome after arthroscopic rotator cuff repair: double-row versus suture-bridge technique. *Am J Sports Med* 2012;40:294-9.
55. Ma HL, Chiang ER, Wu HT, Hung SC, Wang ST, Liu CL, Chen TH. Clinical outcome and imaging of arthroscopic single-row and double-row rotator cuff repair: a prospective randomized trial. *Arthroscopy* 2012;28:16-24.
56. Jost B, Pfirrmann CW, Gerber C, Switzerland Z. Clinical outcome after structural failure of rotator cuff repairs. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:304-14.
57. Castagna A, Garofalo R, Conti M, Borroni M, Snyder SJ. Arthroscopic rotator cuff repair using a triple-loaded suture anchor and a modified Mason-Allen technique (Alex stitch). *Arthroscopy* 2007;23:440 e1-4.
58. 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:e48.
59. Mazzocca AD, Millett PJ, Guanche CA, Santangelo SA, Arciero RA. Arthroscopic single-row versus double-row suture anchor rotator cuff repair. *Am J Sports Med* 2005;33:1861-8.
60. Yamakado K, Katsuo S, Mizuno K, Arakawa H, Hayashi S. Medial-row failure after arthroscopic double-row rotator cuff repair. *Arthroscopy* 2010;26:430-5.
61. Christoforetti JJ, Krupp RJ, Singleton SB, Kissenberth MJ, Cook C, Hawkins RJ. Arthroscopic suture bridge transosseous equivalent fixation of rotator cuff tendon preserves intratendinous blood flow at the time of initial fixation. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21:523-30.
62. Rhee YG, Cho NS, Parke CS. Arthroscopic rotator cuff repair using modified Mason-Allen medial row stitch: knotless versus knot-tying suture bridge technique. *Am J Sports Med* 2012;40:2440-7.

7. Anhang

7.1. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Hendrik Haneveld, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Klinische und kernspintomographische Aspekte nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion in Doppelreihentechnik“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE - www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

7.2. Anteilserklärung an den erfolgten Publikationen

Hendrik Haneveld hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

Publikation 1:

Haneveld H, Hug K, Diederichs G, Scheibel M, Gerhardt C

Arthroscopic double-row repair of the rotator cuff: a comparison of bio-absorbable and non-resorbable anchors regarding osseous reaction

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2013 IF: 2,837 (2013)

Beitrag im Einzelnen: Organisation und Durchführung der Patientenakquise, selbstständige kernspintomographische und klinische Nachuntersuchung der Patienten, Erstellen der Datensätze und Analyse der statistischen Daten, Auswertung der radiologischen und klinischen Befunde, Erstellen des Manuskriptes, Bearbeitung der Reviewer-Fragen

Publikation 2:

Stahnke K, Nikulka C, Diederichs G, Haneveld H, Scheibel M, Gerhardt C

Serial MRI evaluation following arthroscopic rotator cuff repair in double-row technique

Arch Orthop Trauma Surg 2015 IF: 1,496 (2015)

Beitrag im Einzelnen: Nachuntersuchung der Patienten, Beteiligung an Auswertung der radiologischen Daten sowie Mithilfe bei Erstellung des Manuskriptes

Publikation 3:

Hug K, Gerhardt C, Haneveld H, Scheibel M

Arthroscopic knotless-anchor rotator cuff repair: a clinical and radiological evaluation

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2014 IF: 3,053 (2014)

Beitrag im Einzelnen: Beteiligung an kernspintomographischer und klinischer Nachuntersuchung der Patienten sowie Beteiligung an der Auswertung der statistischen und radiologischen Ergebnisse.

Σ IF: 7,386

Univ.-Prof. Dr. med

Markus Scheibel

Unterschrift, Datum und Stempel
des betreuenden Hochschullehrers

Hendrik Haneveld

7.3. Verwendete Publikationen

7.3.1. Arthroscopic double-row repair of the rotator cuff: a comparison of bio-absorbable and non-resorbable anchors regarding osseous reaction

Haneveld H, Hug K, Diederichs G, Scheibel M, Gerhardt C

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013 Jul; 21(7):1647-54. Epub 2013 Apr 21.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-013-2510-3>

7.3.2. Serial MRI evaluation following arthroscopic rotator cuff repair in double-row technique

Stahnke K, Nikulka C, Diederichs G, Haneveld H, Scheibel M, Gerhardt C
Arch Orthop Trauma Surg. 2016 May; 136(5):665-72. Epub 2016 Feb 2.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-016-2409-9>

7.3.3. Arthroscopic knotless-anchor rotator cuff repair: a clinical and radiological evaluation

Hug K, Gerhardt C, Haneveld H, Scheibel M

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015 Sep; 23(9):2628-34. Epub 2014 May 4.

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-014-3026-1>

7.4. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronisch Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronisch Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronisch Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht

7.5. Publikationsliste

Two-staged application of PRP in arthroscopic rotator cuff repair: a matched-pair analysis

Gwinner C, Gerhardt C, Haneveld H, Scheibel M

Arch Orthop Trauma Surg. 2016 Aug;136(8):1165-71. Epub 2016 Jul 5.

Serial MRI evaluation following arthroscopic rotator cuff repair in double-row technique

Stahnke K, Nikulka C, Diederichs G, Haneveld H, Scheibel M, Gerhardt C

Arch Orthop Trauma Surg. 2016 May; 136(5):665-72. Epub 2016 Feb 2.

Arthroscopic knotless-anchor rotator cuff repair: a clinical and radiological evaluation

Hug K, Gerhardt C, Haneveld H, Scheibel M

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015 Sep; 23(9):2628-34. Epub 2014 May 4.

Arthroscopic double-row repair of the rotator cuff: a comparison of bio-absorbable and non-resorbable anchors regarding osseous reaction

Haneveld H, Hug K, Diederichs G, Scheibel M, Gerhardt C

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013 Jul; 21(7):1647-54. Epub 2013 Apr 21.

7.6. Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Markus Scheibel für die Möglichkeit unter seiner Leitung zu promovieren. Seine beständige Unterstützung und Motivation während der gesamten Bearbeitungsphase meiner Dissertation haben maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Vor allem die Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und die Möglichkeit, vor Fachpublikum meine Arbeit zu präsentieren, waren für mich sehr wertvolle Erfahrungen, die mir weit über die Dissertation von großem Nutzen sein werden.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Christian Gerhardt. Ohne seine stete Unterstützung wäre die Arbeit in diesem Umfang nicht möglich gewesen. Für sein großes Engagement bei der Betreuung meiner Promotion empfinde ich Hochachtung.

Darüber hinaus möchte ich gerne der gesamten Arbeitsgruppe für die gegenseitige Unterstützung, die freundliche Arbeitsatmosphäre und konstruktive Zusammenarbeit danken. Besonderer Dank gilt Konstantin Hug, Katharina Stahnke und Clemens Gwinner.

Danken möchte ich ebenfalls der Klinik für Radiologie des Virchow-Klinikums der Charité. Durch die Erlaubnis radiologische Untersuchungen durchzuführen und durch die konstante Assistenz vor Ort war eine Datensammlung in diesem Umfang überhaupt erst möglich.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Mutter für ihre uneingeschränkte Unterstützung sowie ihr bedingungsloses Vertrauen in mich von ganzem Herzen bedanken.