

Abschlussbericht zur Studie
„Prävalenz struktureller Schäden der
Rotatorenmanschette durch ein Schultertrauma“
FR-0302

Laufzeit
01.04.2021-30.01.2026

Abschlussbericht
30.01.2026

Autor
Prof. Dr. med. M. Königshausen

Zur Vorlage bei:

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

Glinkastraße 40, 10117 Berlin

Antragssteller:

Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil gGmbH

Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum

Durchführende Stelle: Chirurgische Universitätsklinik und Poliklinik

Klinikdirektor: Prof. Dr. med. Th. A. Schildhauer

Projektleiter: Prof. Dr. med. Matthias Königshausen

Prof. Dr. Jan Gessmann

Kooperationspartner:

Berufsgenossenschaftliches Unfallklinikum Murnau gGmbH,

Prof.-Küntscher-Straße 8, 8218 Murnau

Durchführende Stelle: Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Allgemeinchirurgie

Projektleiter: Prof. Dr. med. Julian Fürmetz

Institut für Biomechanik

Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau gGmbH

und Paracelsus Medizinische Privatuniversität Salzburg

Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Peter Augat

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Albert-Schweitzer-Campus 1, Gebäude D5, 48149 Münster

Durchführende Stelle: Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Projektleiter: Prof. Dr. med. J. Christoph Katthagen

Akademie für öffentliche Gesundheit gGmbH

Universitätsstraße 105, 44801 Bochum

Forschungsleiterin: Prof. Dr. Nina Timmesfeld

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung deutsch

Kurzfassung englisch

1. Problemstellung

2. Forschungszweck/-ziel

3. Methodik

4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

5. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen

6. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen

7. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

8. Anhang/Anhänge

Kurzfassung deutsch

Die zusätzlich zum Abschlussbericht zu verfassende Kurzfassung in deutscher und englischer Sprache dient der Darstellung der Ergebnisse des Vorhabens in der Internetdatenbank und den Gremien der DGUV. Bitte beschreiben Sie hier die Ziele des Vorhabens und ggf. zu prüfende Hypothesen/Fragestellungen. Die Methodik der Vorgehensweise ist zu beschreiben (z.B. ggf. Zwischenziele, Studiendesign, Stichprobengröße, etc.) Die wichtigsten Ergebnisse/Erkenntnisse sind zu nennen.

Die Ergebnisse können ggf. stichpunktartig aufgelistet sein und sollten im Besonderen die Relevanz für die Unfallversicherungsträger bzw. deren Verwertbarkeit für die Praxis hervorheben.

Die Kurzfassung soll eine DIN A4 Seite nicht überschreiten.

Hinweis: Der Einfachheit halber wird geschlechtsübergreifend das generische Maskulinum im gesamten Text verwendet, welches alle Geschlechter inkludiert.

Ziele:

Der überwiegende Anteil der Rotatorenmanschetten-Läsionen (RML) entsteht auf dem Boden natürlicher Degenerationsprozesse. Eine Abgrenzung einer akut-traumatischen RML ist im Einzelfall schwierig und wird häufig kritisch hinterfragt. Ziel des Forschungsvorhabens war die Früherkennung struktureller Schäden an der Schulter insbesondere der RML nach einem Unfall zu verbessern um damit Rückschlüsse auf die Genese von RML ziehen zu können.

Aktivitäten/Methoden

Sämtliche Patienten zwischen 18 und 65 Jahren, die sich in der Notaufnahme nach einem akuten Unfallereignis der Schulter vorstellten, wurden direkt (Zeitpunkt 1, Z1) klinisch untersucht und innerhalb einer Woche einer MRT-Diagnostik (3-Tesla) unterzogen. Ausschlusskriterium waren u.a. Frakturen oder Schulterluxationen. Es wurden (u. a.) Fragen nach dem Traumamechanismus (Sturz auf gestreckten Arm, seitlich auf die Schulter etc.) der beruflichen Tätigkeit und Schulterbeschwerden vor dem Unfall gestellt und Scores (Oxford Shoulder Score, Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)-Score, Constant & Murley score (CMS), Visuelle Analogskala Schmerz (VAS), Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)) erhoben. Nach 6 Wochen (Zeitpunkt 2, Z2) erhielten die Patienten postalisch einen zweiten Fragebogen, in dem die zwischenzeitliche Behandlung, Dauer einer möglichen Arbeitsunfähigkeit, die klinische Funktion und die Schmerzen im Verlauf (Oxford, DASH, VAS) abgefragt wurden. Neben deskriptiver Analyse erfolgten Gruppenvergleiche mittels ANOVA und die Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Entstehung einer t-RML mittels logistischer Regression.

Ergebnisse:

Insgesamt konnten n= 324 Patienten eingeschlossen werden. In 31 Fällen (9,6%) fanden sich transmurale Rotatorenmanschetten-Läsion (t-RML, 75% Männer, 25% Frauen), in n = 102 Fällen (31,5%) Partialrupturen (p-RML) und in n = 191 (59%) keine RML. In n=24 Fällen der t-RML war nur eine Sehne, in n=6 zwei Sehnen und in einem Fall drei Sehnen gerissen. Bei der Läsion der Supraspinatussehne zeigte sich das Alter als der wichtigste Prädiktor für eine RML (Ø 55 Jahre t-RML vs. Ø 43 Jahre mit p-RML, Ø 34 Jahre ohne RML, $p < 0.001$).

Die Bewegungsausmaße zeigten sich bei Nachweis einer t-RML signifikant schlechter, zudem war der Drop-arm-test bei t-RML als einziger RM-Test signifikant positiv zum Zeitpunkt 1. Im Vergleich der klinischen Scores zwischen den beiden Untersuchungszeitpunkten fand sich zwischen den drei Gruppen (keine RML, p-RML, t-RML) ein signifikanter Unterschied zwischen Z1 und Z2 im Sinne einer geringeren Verbesserung von DASH und CSM bei p-RML und t-RML gegenüber der Gruppe ohne RML. Innerhalb des logistischen Modells zeigte sich, dass das Alter und eine in der Vergangenheit bereits geschädigte Schulter die wichtigsten Prädiktoren für das Auftreten einer t-RML der Supraspinatussehne waren ($OR = 1,13$; $p < 0.001$ bzw. $OR = 3,6$; $p = 0.021$). Zwischen den verschiedenen Unfallmechanismen zeigte sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Häufigkeit von RML.

Die Daten zeigen, dass Alter und Vorschädigung signifikant mit t-RML und p-RML der Supraspinatussehne in Zusammenhang stehen. Der Traumamechanismus allein hat keinen signifikanten Einfluss auf eine Läsion der RM. Die Ergebnisse unterstützen die These degenerativer Einflüsse auf die Ruptur von Supraspinatussehnen bei akut-traumatischen Ereignissen.

Kurzfassung englisch

Objectives:

The majority of rotator cuff lesions (RCLs) develop on the basis of degenerative processes. Distinguishing an acute traumatic RCL in individual cases is difficult and is frequently critically questioned. The aim of this research project was to improve the early detection of structural shoulder damage—particularly RCLs—following an accident, in order to draw conclusions about the genesis of RCLs.

Activities/Methods:

All patients aged between 18 and 65 years who presented to the emergency department after an acute shoulder injury were examined clinically immediately (time point 1, T1) and underwent MRI diagnostics (3 Tesla) within one week. Exclusion criteria included, among others, fractures or shoulder dislocations. Data were collected on the trauma mechanism (e.g., fall on an outstretched arm, lateral impact on the shoulder), occupational activity, and shoulder complaints prior to the accident. In addition, several scores were assessed (Oxford Shoulder Score, Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand [DASH] score, Constant & Murley Score [CMS], Visual Analog Scale for pain [VAS], and Hospital Anxiety and Depression Scale [HADS]).

After 6 weeks (time point 2, T2), patients received a second questionnaire by mail assessing interim treatment, duration of any work incapacity, clinical function, and pain over time (Oxford, DASH, VAS). In addition to descriptive analyses, group comparisons were performed using ANOVA, and influencing factors on the development of full-thickness RCLs (t-RCLs) were analyzed using logistic regression.

Results:

A total of $n = 324$ patients were included. In 31 cases (9.6%), full-thickness rotator cuff lesions (t-RCLs) were identified (75% men, 25% women); in $n = 102$ cases (31.5%), partial tears (p-RCLs) were present; and in $n = 191$ cases (59%), no RCL was detected. In $n = 24$ cases of t-RCL, only one tendon was torn; in $n = 6$ cases, two tendons; and in one case, three tendons.

For lesions of the supraspinatus tendon, age emerged as the most important predictor of RCL (mean age 55 years in t-RCL vs. mean age 43 years in p-RCL and 34 years in patients without RCL; $p < 0.001$). Range of motion was significantly reduced in the presence of a t-RCL. Moreover, the drop-arm test was the only rotator cuff test that was significantly positive in t-RCLs at time point 1. Comparison of clinical scores between the two examination time points showed a significant difference among the three groups (no RCL, p-RCL, t-RCL), indicating less improvement in DASH and CMS scores in patients with p-RCL and t-RCL compared with those without RCL. Within the logistic regression model, age and a previously injured shoulder were identified as the most important predictors for the occurrence of a t-RCL of the supraspinatus tendon (OR = 1.13; $p < 0.001$ and OR = 3.6; $p = 0.021$, respectively). No significant difference in the frequency of RCLs was found between different trauma mechanisms.

The data demonstrate that age and pre-existing shoulder damage are significantly associated with full-thickness and partial supraspinatus tendon RCLs. The trauma mechanism alone has no significant influence on rotator cuff injury. These results support the hypothesis of degenerative influences on supraspinatus tendon ruptures in the context of acute traumatic events.

1. Problemstellung

Bitte hier die Ausgangslage bzw. das Problem darstellen. Hierbei kann bei Bedarf auch auf den entsprechenden Text aus Ihrem Antrag zurückgegriffen werden. Es muss erläutert werden, wenn Änderungen an der Problemstellung/Fragestellung vorgenommen wurden.

Der weitaus überwiegende Anteil der Rotatorenmanschetten-Läsionen (RML) entsteht auf dem Boden eines natürlichen Alterungs- und Verschleißprozesses. Die Abgrenzung einer akut-traumatischen RML ist im Einzelfall schwierig und wird auch von den Versicherungsträgern häufig kritisch hinterfragt [1]. Darüber hinaus gibt es bei der Begutachtung für die gesetzlichen Unfallversicherungen in der Kausalitätsfrage sehr kontroverse Ansichten darüber, ob eine anlässlich eines versicherten Traumas diagnostizierte RML als Unfallfolge zu werten oder eventuell bereits asymptomatisch vorbestehend sei [2]. Die Antwort hat erhebliche Konsequenzen, nicht nur für die Begutachtung, sondern v. a. auch für das therapeutische Vorgehen. Während bei einer sicher akut-traumatischen RML eine operative Rekonstruktion innerhalb weniger Wochen empfohlen wird [1-5], ist bei wahrscheinlich vorbestehenden, degenerativen RML in vielen Fällen ein abwartendes, zunächst konservatives Verhalten indiziert. Kürzlich konnte eine kanadische Arbeitsgruppe bei berufsgenossenschaftlich versicherten Unfallverletzten zeigen, dass je frühzeitiger eine operative Versorgung einer RML erfolgt, signifikant bessere klinische Ergebnisse und signifikant kürzeren Arbeitsunfähigkeiten resultieren [6, 7].

Umstritten ist welcher Unfallmechanismus geeignet ist, eine strukturelle Sehnenläsion zu verursachen, welche klinischen Befunde verletzungstypisch sind, und welche radiologischen Kriterien für oder gegen eine traumatische RML sprechen [2]. In der internationalen Literatur wird eine traumatische RML weniger kritisch definiert: Meist dient eine schmerzfreie und uneingeschränkte Schulterfunktion vor einem definierten Unfall-Ereignis als einziges Unterscheidungskriterium zwischen traumatischer und degenerativer Genese [2, 5, 8-10]. Hierunter fallen auch Unfallmechanismen, die in den deutschsprachigen Empfehlungen zur Begutachtung von RML als „nicht-geeignete“ Mechanismen ausgeschlossen werden, wie beispielsweise das Anheben einer schweren Last oder der Sturz auf den nach vorne ausgestreckten Arm [5, 11]. Selten sind eindeutige Fälle einer traumatischen RML nach großer Gewalteinwirkung bei jungen Patienten, bei denen eine altersbedingte Texturschädigung der RM sicher ausgeschlossen werden kann. Neben Einzelfallbeschreibungen [12-15] wurden beispielsweise bei 280 Patienten (Durchschnittsalter 33,4 Jahre) nach Plexusverletzungen des Arms in 8,2 % auch begleitende RM-Läsionen gefunden [16]. Auch bei Kindern- und Jugendlichen wurden traumatische RM-Läsionen nach Sportunfällen in 12,2% von 205 ausgewerteten Magnetresonanztomographien (MRT) beschrieben [17]. Sehr viel häufiger ist man im klinischen Alltag und auch bei der Begutachtung mit der Situation konfrontiert, dass bei Patienten im Rahmen eines unspezifischen, niedrig energetischen Schultertraumas („Bagatell-Trauma“) im Verlauf eine RML diagnostiziert wird und sich die Frage stellt, ob der strukturelle Schaden dabei entstanden ist oder, ob er möglicherweise schon vorher bestand, ohne dass es bis dahin zu Symptomen gekommen ist [2]. Sorensen et al. [18] und Valkering et al. [19] fanden nach einem unspezifischen Schultertrauma Prävalenzen für die RML, die bei weitem die bislang vorliegenden epidemiologischen Daten der RML überstiegen [20-24]. Somit ist für das unspezifische Schultertrauma eine bislang unterschätzte Bedeutung in der Genese der RML anzunehmen. Eine Korrelation zwischen Unfallmechanismus und

RML konnte jedoch bislang nicht hergestellt werden [2, 3, 5, 18]. Als Hauptproblem gilt der nicht unmittelbar erfasste Unfallhergang, da retrospektiv der Unfallmechanismus, die Richtung des Sturzes und der erste Kontakt des Aufpralls den Verletzten bereits wenige Tage bis Wochen nach dem Unfall nicht mehr Erinnerungswürdig war und die Rekonstruktion des Geschehensablaufes retrospektiv nicht sicher zu bewerten war [2, 5, 18].

Im Gegensatz zu den degenerativen Läsionen, die meist asymptomatisch beginnen und dann – wenn sie symptomatisch werden - im zeitlichen Verlauf einen ansteigenden Schmerzcharakter zeigen, werden ein akutes Schmerzeignis, gefolgt von muskelspezifischen Kraft- und Funktionsverlust als richtungsweisende Hinweise auf eine akute Schädigung gewertet [11]. Dem klinischen Erstbefund, aber auch dem klinischen Verlauf von Schmerz- und Bewegungseinschränkung fällt daher eine wichtige differentialdiagnostische Rolle zu degenerativen Läsionen zu [1]. Der akute Schmerzbeginn und die muskelspezifische Schwäche führen in der Regel zu einem unmittelbar bzw. zeitnahe Arztbesuch [11]. Allerdings wird das Ausmaß einer möglichen RM-Läsion in der Notaufnahme initial eher unterschätzt und somit die Möglichkeit einer frühzeitigen Diagnose und der Beginn einer adäquaten Therapie nicht selten verpasst [18]. Hier kommt der zeitnahe Bildgebung nach Unfall, sowohl für die Therapie als auch für die Begutachtung, gegenüber den semiobjektiven Untersuchungsbefunden, ein wichtiger, weil objektivierbarer Stellenwert zu [25]. Im Röntgenbild der Schulter (true-a.p., axiale und Outlet Projektion) erfolgt nach einem direkten oder fortgeleiteten Schultertrauma nicht nur der Ausschluss einer knöchernen Verletzung. Es werden auch bereits eingetretene Sekundärveränderungen und anatomische Konstellationen, die zu einer RML dispositionieren, festgehalten. Die Magnetresonanztomographie-(MRT)-Bildgebung ist eine wichtige Methode, um eine RML zu diagnostizieren und Pro- und Kontra-Kriterien für eine traumatische oder degenerative Genese der RML für die Begutachtung festzuhalten [2]. Auf ein akutes Trauma, dass zu einer Strukturverletzung führen kann, wird v. a. ein Gelenkerguss sowie Einblutungen in das periartikuläre Weichteilgewebe der Schulter gezählt [26]. Im MRT sind aber auch Kontra-Kriterien, die gegen eine traumatische Genese der RML sprechen, festzuhalten [1]. Hierzu zählen v. a. bereits bestehende fettige Infiltration und Atrophie der begleitenden Muskulatur (MRT <12 Wochen nach Unfall) und eine weite Retraktion der Sehne [11]. Das unterstreicht den Stellenwert einer möglichst Unfall-zeitnahe MRT-Bildgebung, nicht nur für eine mögliche Therapieentscheidung sondern auch für den Abwägungsprozess der Begutachtung. In vielen Fällen wird eine MRT-Diagnostik erst Wochen bis manchmal Monate nach einem angeschuldigten Unfallereignis durchgeführt und die Befunde sind dann nur noch eingeschränkt zu verwerten im Hinblick auf den zeitlichen und ursächlichen Zusammenhang. Nach der aktuellen Cochrane-Analyse [27] beträgt die Sensitivität für die Diagnose einer RML 98%, die Spezifität 79% für die MRT-Bildgebung. Im Vergleich zur invasiven MR-Arthrographie (MRA) zeigte sich für transmurale (komplette) RML kein Unterschied [27]. Vorteile für die MRA gegenüber dem MRT fanden die Autoren der Cochrane-Analyse nur für das Erkennen eines partiellen Strukturschadens an der RM. Die Detektion einer Einblutung in das Gelenk oder an der Sehne könnten jedoch entscheidende Hinweise auf einen akuten Strukturschaden geben. Selbst kleine Blutmengen können mit einer speziellen MRT-Sequenz (sog. "Häm"-Sequenz oder T2*-gewichtete Gradienten-Echo-MRT) nachgewiesen werden. Diese Technik kommt bislang v. a. in der Differentialdiagnose intrazerebraler Blutungen zur Anwendung [28, 29]. Für das Kniegelenk liegen Einzelfallberichte vor [30].

Zusammengefasst bestehen aktuell sowohl für den Therapieentscheid als auch für die Begutachtung folgende Probleme:

- Zum Verletzungsmechanismus beruhen die wenigen Erkenntnisse auf Modelluntersuchungen und empirischen Beobachtungen. Die Aussagen in der Literatur, welcher Mechanismus geeignet ist, einen strukturellen RM-Schaden zu verursachen, sind konträr. Nur die Luxation der Schulter gilt übereinstimmend als geeigneter Mechanismus, der (altersabhängig) zu einer RML führen kann.
- Bislang gibt es keine Studie, die den Unfallhergang prospektiv oder retrospektiv erfassen konnte.
- Bislang gibt es keine Studie, in der prospektiv eine Unfall-zeitnahe, einheitliche MRT-Diagnostik durchgeführt wurde
- Die T2*-Sequenz für die Detektion einer Blutung in das Schultergelenk oder das umgebende Weichgewebe als Hinweis für einen Strukturschaden ist nicht untersucht
- Keine Studie hat bislang prospektiv versucht, Unfallmechanismus, klinischen Befund und eine zeitnahe Bildgebung miteinander zu korrelieren
- Das Ausmaß einer möglichen RML wird in der Notaufnahme initial eher unterschätzt und somit die Möglichkeit einer frühzeitigen Diagnose und der Beginn einer adäquaten Therapie verpasst

Generell gilt in der Begutachtung: Die Beurteilung von Ursachenzusammenhängen zwischen bestimmten Ereignissen und der Entstehung bestimmter Krankheiten (hier RML) hat immer auf Basis des aktuellen medizinisch-wissenschaftlichen Erkenntnisstandes zu erfolgen. Dieser ist mit Quellenangaben zu belegen. Diese sind wie oben genannt allerdings für die RML nur sehr eingeschränkt oder gar nicht vorhanden, so dass auch im Standardvorgehen der RM-Begutachtung an Hand des Vier-Säulen-Konzeptes nach Loew et al. [11, 31] Unfallmechanismen nur als *potentiell* geeignet oder nicht-geeignet eingeteilt werden können.

1. Brunner, U., *Posttraumatische Rotatorenmanschettenläsionen*. Trauma Berufskrankh, 2014(16[Suppl 2]): p. 146-51.
2. Loew, M., et al., *Zur Unterscheidung zwischen traumatischer und degenerativer Rotatorenmanschettenruptur – eine klinische und radiologische Untersuchung*. Obere Extremität, 2014(9): p. 209-14.
3. Loew, M., et al., *How to discriminate between acute traumatic and chronic degenerative rotator cuff lesions: an analysis of specific criteria on radiography and magnetic resonance imaging*. J Shoulder Elbow Surg, 2015. **24**(11): p. 1685-93.
4. Rees, J.L., *The pathogenesis and surgical treatment of tears of the rotator cuff*. J Bone Joint Surg Br, 2008. **90**(7): p. 827-32.
5. Mall, N.A., et al., *An evidenced-based examination of the epidemiology and outcomes of traumatic rotator cuff tears*. Arthroscopy, 2013. **29**(2): p. 366-76.
6. Razmjou, H., et al., *Outcome of Expedited Rotator Cuff Surgery in Injured Workers: Determinants of Successful Recovery*. Orthop J Sports Med, 2017. **5**(5): p. 2325967117705319.
7. Razmjou, H., et al., *The effect of expedited rotator cuff surgery in injured workers: a case-control study*. J Shoulder Elbow Surg, 2017. **26**(7): p. 1196-1202.

8. Petersen, S.A. and T.P. Murphy, *The timing of rotator cuff repair for the restoration of function*. J Shoulder Elbow Surg, 2011. **20**(1): p. 62-8.
9. Braune, C., et al., *Mid-term results and quantitative comparison of postoperative shoulder function in traumatic and non-traumatic rotator cuff tears*. Arch Orthop Trauma Surg, 2003. **123**(8): p. 419-24.
10. Banerjee, M., et al., *Soft tissue injury of the shoulder after single non-dislocating trauma: prevalence and spectrum of intraoperative findings during shoulder arthroscopy and treatment results*. Arch Orthop Trauma Surg, 2015. **135**(1): p. 103-9.
11. Loew, M., et al., *[Recommendations for diagnosis and expert assessment of traumatic rotator cuff lesions]*. Unfallchirurg, 2000. **103**(5): p. 417-26.
12. Dodson, C.C., et al., *Complete rotator cuff tendon avulsion and glenohumeral joint incarceration in a young patient: a case report*. J Shoulder Elbow Surg, 2010. **19**(2): p. e9-e12.
13. Rickert, M. and M. Loew, *Glenohumeral interposition of a torn rotator cuff in a young motorcyclist*. Arch Orthop Trauma Surg, 2006. **126**(3): p. 184-7.
14. Rickert, M. and M. Loew, *[Traumatic rupture of the rotator cuff in an adolescent--case report]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2000. **138**(4): p. 340-3.
15. Grimshaw, C.S., et al., *Missed rotator cuff tears in polytraumatized patients*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2013. **42**(10): p. 466-9.
16. Brogan, D.M., et al., *Prevalence of rotator cuff tears in adults with traumatic brachial plexus injuries*. J Bone Joint Surg Am, 2014. **96**(16): p. e139.
17. Zbojnowicz, A.M., et al., *Rotator cuff tears in children and adolescents: experience at a large pediatric hospital*. Pediatr Radiol, 2014. **44**(6): p. 729-37.
18. Sorensen, A.K., et al., *Acute rotator cuff tear: do we miss the early diagnosis? A prospective study showing a high incidence of rotator cuff tears after shoulder trauma*. J Shoulder Elbow Surg, 2007. **16**(2): p. 174-80.
19. Valkering, K.P., et al., *Prevalence of symptomatic rotator cuff ruptures after shoulder trauma: a prospective cohort study*. Eur J Emerg Med, 2014. **21**(5): p. 349-53.
20. Milgrom, C., et al., *Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender*. J Bone Joint Surg Br, 1995. **77**(2): p. 296-8.
21. Sher, J.S., et al., *Abnormal findings on magnetic resonance images of asymptomatic shoulders*. J Bone Joint Surg Am, 1995. **77**(1): p. 10-5.
22. Moosmayer, S., et al., *Prevalence and characteristics of asymptomatic tears of the rotator cuff: an ultrasonographic and clinical study*. J Bone Joint Surg Br, 2009. **91**(2): p. 196-200.
23. Yamamoto, A., et al., *Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population*. J Shoulder Elbow Surg, 2010. **19**(1): p. 116-20.
24. Lehman, C., et al., *The incidence of full thickness rotator cuff tears in a large cadaveric population*. Bull Hosp Jt Dis, 1995. **54**(1): p. 30-1.
25. Beickert, R., *Neues aus der Begutachtung*. Trauma Berufskrankh, 2014. **16**(Suppl 2): p. 206-211.
26. Weiser, L., et al., *[Magnetic resonance imaging criteria for the differentiation of traumatic and non-traumatic rotator cuff tears]*. Versicherungsmedizin, 2012. **64**(3): p. 122-6.
27. Lenza, M., et al., *Magnetic resonance imaging, magnetic resonance arthrography and ultrasonography for assessing rotator cuff tears in people with shoulder pain for whom surgery is being considered*. Cochrane Database Syst Rev, 2013. **9**: p. CD009020.
28. Siebner, H.R., et al., *[The "heme"-sequence (T2*-weighted gradient echo magnetic resonance tomography). Value in differential spontaneous intracerebral hemorrhage diagnosis]*. Nervenarzt, 1999. **70**(8): p. 714-22.
29. Domingues, R., C. Rossi, and C. Cordonnier, *Diagnostic evaluation for nontraumatic intracerebral hemorrhage*. Neurol Clin, 2015. **33**(2): p. 315-28.
30. Economides, C.P., et al., *Iron deposits in the knee joints of a thalassemic patient*. Acta Radiol Short Rep, 2012. **2**(1): p. 2047981613477401.
31. Loew, M., *[Traumatic development of rotator cuff lesion. Scientific principles and consequences for expert assessment]*. Orthopade, 2000. **29**(10): p. 881-7.

2. Forschungszweck/-ziel

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Früherkennung von strukturellen Schäden an der Schulter und insbesondere der Rotatorenmanschette (RM) nach einem Unfall zu verbessern bzw. unmittelbar auszuschließen. Die Prävalenz von RM-Läsionen (RML) nach einem Schultertrauma war bislang nicht untersucht. Der weitaus überwiegende Anteil der Rotatorenmanschettenläsionen (RML) entsteht auf dem Boden eines natürlichen Alterungs- und Verschleißprozesses. Eine Abgrenzung einer akut-traumatischen RML ist im Einzelfall schwierig und wird von den Versicherungsträgern häufig kritisch hinterfragt. Die Antwort hat erhebliche Konsequenzen, nicht nur für die Begutachtung, sondern v. a. auch für das therapeutische Vorgehen. Während bei einer sicher akut-traumatischen RML eine operative Rekonstruktion innerhalb weniger Wochen empfohlen wird, ist bei wahrscheinlich vorbestehenden, degenerativen RML in vielen Fällen ein abwartendes, zunächst konservatives Verhalten indiziert.

In den Notfallaufnahmen werden täglich Patienten mit Unfällen behandelt, die direkt oder indirekt die Schulter betreffen. In nahezu jedem Fall wird hierbei zum initialen Ausschluss eines strukturellen, knöchernen Schadens ein Röntgenbild angefertigt. Bei jeder verletzten Person erfolgt eine Schulteruntersuchung, die das aktive und passive Bewegungsausmaß der Schulter dokumentiert. Nach Frakturausschluss erfolgt die Weiterbehandlung – wenn erforderlich - in den allermeisten Fällen im fachärztlichen, niedergelassenen Bereich.

Das Ausmaß einer möglichen RML wird in der Notaufnahme initial in den allermeisten Fällen unterschätzt und somit die Möglichkeit einer frühzeitigen Diagnose und der Beginn einer adäquaten Therapie nicht selten verpasst. Hier kommt der unfall-zeitnahen Bildgebung, sowohl für die Therapie als auch für die Begutachtung gegenüber den semiobjektiven Untersuchungsbefunden, ein wichtiger, weil objektivierbarer, Stellenwert zu. Dabei erfolgt routinemäßig in der Notfalldiagnostik der radiologische Frakturausschluss. Eine weiterführende objektivierbare Bildgebung mit einer MRT-Untersuchung erfolgt in den meisten Fällen erst Wochen bis manchmal Monate nach einem Unfallereignis und die Befunde sind dann nur noch eingeschränkt zu verwerten, in Hinblick auf den zeitlichen und ursächlichen Zusammenhang mit einem angeschuldigten Unfallereignis.

Zusammengefasst bestehen aktuell, sowohl für den Therapieentscheid als auch für die Begutachtung, folgende Probleme: Zum Verletzungsmechanismus beruhen die wenigen Erkenntnisse auf Modelluntersuchungen und empirischen Beobachtungen. Die Aussagen in der Literatur, welcher Mechanismus geeignet ist, einen strukturellen RM-Schaden zu verursachen, sind konträr. Nur die Luxation der Schulter gilt übereinstimmend als geeigneter Mechanismus, der (altersabhängig) zu einer RML führen kann. Bislang gab es keine Studie, die den Unfallhergang prospektiv oder retrospektiv erfassen konnte. Bislang gab es ferner keine Studie, in der prospektiv eine unfall-zeitnahe und einheitliche MRT-Diagnostik durchgeführt wurde.

Konkrete Projektziele

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Früherkennung von strukturellen Schäden an der Schulter und insbesondere der RML nach einem Unfall zu verbessern bzw. unmittelbar auszuschließen. Primäres Ziel war die prospektive, quantitative und objektive Erfassung der bislang unbekannten Prävalenz einer RML nach einem Unfallereignis der Schulter in der unfall-zeitnahen (innerhalb von 7 Tagen nach Unfall) MRT-Bildgebung und die objektiven (MRT, Röntgen) und semiobjektiven Befunde (klinische Untersuchung, aktives/passives Bewegungsausmaß) mit der Geschehensanalyse korreliert werden. Die Forschungshypothese lautete, dass es an Hand klinischer, unfallanalytischer und radiologischer Befundkriterien möglich ist, eine traumatische RML unmittelbar und objektiv zu erfassen, bzw. im Umkehrschluss akute strukturelle Schäden auszuschließen. Durch die Korrelation der einzelnen Befunde und Unfallmechanismen sollten weitere, bislang nicht oder unzureichend geklärte Fragestellungen bearbeitet werden:

- Welchen Stellenwert nimmt das MRT in der unmittelbaren (maximal 7 Tage nach Trauma) Akutphase nach dem Unfallereignis in der Diagnostik einer traumatischen RML ein? Hypothese: Das Fehlen von Hinweisen auf ein frisches Schultertrauma (Erguss, Muskel-/Knochenödem, Sehnen-Kinking) im unfall-zeitnahe MRT schließt eine RML aus.
- Wie korrelieren der nativradiologische Befund (Arthrosezeichen, Humeruskopfhochstand, CSA, etc.) und der Unfallzeitpunkt-nahe MRT-Befund?
- Welchen Stellenwert nimmt die sog. "Häm"-Sequenz oder T2*-gewichtete GradientenEcho-MRT in der Detektion einer RML ein? Hypothese: Ein fehlender Blutungsnachweis im Schultergelenk, an der RML oder im periartikulären Weichgewebe schließt eine RML aus.
- Lassen sich Unfallmechanismen eingrenzen, die nicht auf die Schulter wirken und damit nicht in der Lage sind, eine strukturelle Schädigung der RML auszulösen? Hypothese: Nur spezifische, in Richtung der Krafteinwirkung und Armstellung definierte Unfallmechanismen sind geeignet, zu einer traumatischen RML zu führen.
- Wie aussagekräftig sind die klinischen Schulter-Tests in der Akutphase nach Trauma zur Detektion einer RML? Hypothese: Es gibt eindeutige klinische Hinweise, die auf eine akute RML schließen lassen (z. B. die Pseudoparalyse/Drop-Arm).
- Die Korrelation von unfall-zeitnahe MRT-Diagnostik der Schulter und Auswertung der Unfallmechanismen erlaubt auch die Zuordnung weiterer (strittiger) Schulterpathologien in eine akut-traumatische oder degenerative Genese. Hypothese: Ein Strukturschaden der Schulter ohne Ergussbildung ist in der unmittelbar nach Trauma vorliegenden MRT auszuschließen.
- Korrelieren bestimmte Verletzungen und patientenindividuelle Faktoren (berufliche Tätigkeit, Arbeitsunfall oder gesetzlich krankenversicherter Unfall) mit einer längeren Krankheitsdauer und prolongierten Arbeitsunfähigkeit? Hypothese: Psychosoziale Faktoren korrelieren häufig vielmehr als strukturelle Schäden und objektivierbare

Befunde mit Krankheitsdauer und Schmerz. Dieses Phänomen konnte innerhalb für unterschiedliche, degenerative Schultererkrankungen nachgewiesen werden.

3. Methodik

Schematische Darstellung der geplanten und tatsächlichen Arbeits- und Zeitabläufe. Bei Forschungsk Kooperationen Zuordnung der Arbeiten zu den Kooperationspartnern. Bitte Abweichungen von den laut Antrag geplanten Arbeits-Zeitabläufen, Auswertungsmethodik/Statistik erläutern.

Es wurden Patienten eingeschlossen, welche in den Notfallaufnahmen (Universitätsklinikum Bergmannsheil Bochum, Universitätsklinikum Münster, BG Klinik Murnau) mit Unfällen behandelt wurden, die direkt oder indirekt die Schulter betrafen.

Diese Patienten wurden nach Aufklärung und Zustimmung zur Teilnahme in die Studie eingeschlossen. Die Einschlusskriterien waren Schulterschmerzen nach einem direkten oder indirekten Schultertrauma, ein Frakturausschluss im Röntgenbild und ein Alter zwischen 18 und 65 Jahren. Bei Einwilligung zur Teilnahme an der Studie, erfolgte im Rahmen des Studienprotokolls eine genaue Dokumentation des Unfallmechanismus, eine Schulteruntersuchung mit standardisierten Schulter-Tests, mit kurzer Erhebung der Vorgeschichte und eine standardisierte MRT-Untersuchung innerhalb von 7 Tagen nach dem Unfallereignis. An apparativer Diagnostik fiel für die teilnehmenden Personen nur die MRT-Bildgebung an, da das Röntgenbild im Rahmen der Notfalldiagnostik unabhängig von der Studie angefertigt wurde.

Am Tag der MRT-Untersuchung erhielten die Probanden einen selbstauszufüllenden Fragebogen. Dieser, beinhaltete Fragen, u. a. nach der beruflichen Tätigkeit, Schulterbeschwerden vor dem Unfall, zwei Schulter-Scores (Oxford Shoulder Score und Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH)-Score mit Arbeits- und Berufsmodul), der Constant & Murley Score (CMS), eine Visuelle Analogskala Schmerz (VAS), und ein Score zur Erfassung von Angst und Depression (Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)). Die HADS ist ein etabliertes und validiertes Verfahren und dient der Erfassung von Angst und Depression bei Patienten mit körperlichen Erkrankungen oder möglicherweise psychogenen Körperbeschwerden.

Auf der Einverständniserklärung (beim ersten Patientenkontakt im Rahmen des Studieneinschlusses) konnten die Patienten ihre Email-Adresse angeben. Nach Angabe der Email-Adresse wurden die Teilnehmer informiert, dass sie innerhalb weniger Tage o.g. Fragebögen zugesendet bekommen, welche sie somit bereits einfach ausfüllen und direkt als Antwort-Email an die angegebene Email-Adresse zurücksenden konnten.

Nach der o.g. MRT Untersuchung gaben die Probanden der Study Nurse ferner eine Kontonummer an, an welche dann die 100€ Aufwandsentschädigung für die spätere Rücksendung der Fragebögen (nach 6 Wochen) überwiesen wurde.

Nach 6 Wochen erhielten die Probanden postalisch oder per Email einen zweiten Fragebogen, in dem die zwischenzeitliche Behandlung, Dauer einer möglichen Arbeitsunfähigkeit und die Funktion und die Schmerzen im Verlauf (Oxford, DASH, VAS, Constant & Murley Score (CMS)) abgefragt wurden. Jeder Patient erhielt in diesem Zusammenhang nach Rückübersendung der Bögen, wie vereinbart, o.g. 100€ Aufwandsentschädigung per Überweisung.

Die an der Studie beteiligten Mitarbeiter des Instituts für Biometrie (Statistiker, Akademie für öffentliche Gesundheit (AföG) s.o.) nutzen für die Auswertung der Daten, in pseudonymisierter Form, die Datenbank der Vanderbilt University, TN, USA (REDCap ©, Research Electronic Data Capture). Dieses REDCap Tool ist ein gängiges Auswertungsinstrument klinischer Studien. Einzig Zugang zu diesem System haben die an der Studie teilnehmenden Personen der Abteilung für medizinische Informatik (Prof. Trampisch, Prof. Timmesfeld) und die Personen des Studienzentrums im Bergmannsheil Bochum (Study Nurse und Studienleiter) sowie jeweils die zuständigen Studienleiter und Study Nurses in den beiden kooperierenden Zentren (s.o.), welche die Daten dort pseudonymisiert zur späteren Auswertung einpflegten.

Das Forschungsvorhaben war eine prospektive Multicenterstudie. Die Projektleitung ist im Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikum Bergmannsheil Bochum. In den teilnehmenden Zentren erfolgte jeweils die Untersuchung in der Notfallaufnahme inklusive Röntgenaufnahme und innerhalb der ersten 7 Tage die MRT-Untersuchung. Die Auswertung der Bildgebungen erfolgte im Bergmannsheil. Die Datenerhebung der Fragebögen im jeweiligen Zentrum.

Die Studie startete entsprechend am 01.04.2021 mit vorbereitenden Maßnahmen (Einrichtung RedCap, Instruktion der entsprechenden Partner und Etablierung der Abläufe etc.), so dass der erste Patienteneinschluss am 21.09.21 im Bergmannsheil Bochum erfolgte. Aufgrund der noch nicht ausreichenden Fallzahl zum Stichtag 31.09.2023 wurde eine kostenneutrale Laufzeitverlängerung beantragt und bis 31.03.2025 seitens der DGUV bewilligt. Am Stichtag den 31.03.2025 konnte die Patientenakquise abgeschlossen werden. Im Anschluss erfolgten die Auswertungen der Bildgebung (nochmals wiederholte Kontrollanalyse sämtlicher Datensätze seitens des Studienleiters (!) mit dem Ziel der exakten Auswertung in Abstimmung mit den Radiologen). Anschließend wurde die Auswertung der Daten im Verbund mit den kooperierenden Statistikern über Monate im Rahmen mehrerer Meetings durchgeführt und der Abschlussbericht zum 30.01.2026 erstellt.

4. Ergebnisse des Gesamtvorhabens

Die Ergebnisse sollten möglichst so aufgearbeitet und dargestellt werden, dass sie ohne großen Aufwand für Praxistransfer genutzt werden können.

Bei Forschungs Kooperationen bitte auch die Teilergebnisse den Kooperationspartnern zuordnen. Zudem sind Projektveröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilter Schutzrechte (erfolgt oder geplant) aufzuführen. Neben Publikationen in Fachzeitschriften bitte auch Kongressbeiträge (Abstracts, Posterbeiträge) u. ä. auflisten. Sofern bisher keine Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilter Schutzrechte vorliegen, bitte auch dies angeben.

Insgesamt wurden initial n= 363 Patienten eingeschlossen. Davon konnten **n=324 Patienten** einer MRT-Untersuchung und somit einer abschließenden Auswertung unterzogen werden.

Standort Bochum (erster Probandeneinschluss 28.09.2021)

Eingeschlossen: 202 Probanden

Standort Murnau (erster Probandeneinschluss 09.02.2022):

Eingeschlossen: 68 Probanden

Standort Münster (erster Probandeneinschluss 02.03.2023):

Eingeschlossen: 93 Probanden

MRT -Parameter

In 31 Fällen (9,6%) fanden sich transmurale Rotatorenmanschetten-Läsionen (t-RML, 75% Männer, 25% Frauen), in n = 102 Fällen (31,5%) Partialrupturen (p-RML) und in n = 191 (63%) keine Rotatorenmanschetten-Läsion (RML). In n=24 Fällen der t-RML war nur eine Sehne der Rotatorenmanschette, in n=6 zwei Sehnen und in einem Fall drei Sehnen gerissen.

In der detaillierten Betrachtung der RML fanden sich n=25 t-RML der Supraspinatussehne (8%), bei n=93 p-RML der Supraspinatussehne (n=39 artikularseitig, n=32 bursaseitig, n=22 intratendinös, zusammen 29% aller Patienten).

N=10 zeigten eine t-RML der Subscapularissehne (3%), n=36 p-RML der Subscapularissehne (n=31 artikularseitig, n=5 bursaseitig).

N=3 zeigten eine t-RML der Infrapinatussehne (1%), n=7 p-RML der Infrapinatussehne (n=3 artikularseitig, n=4 bursaseitig).

Bei der Läsion der Supraspinatussehne zeigte sich das Alter als der wichtigste Prädiktor für eine RML (Ø 55 Jahre t-RML vs. Ø 43 Jahre mit p-RML, Ø 34 Jahre ohne RML, $p < 0.001$).

Allerdings konnte innerhalb der MRTs festgestellt werden, dass Personen bei denen die „Häm-Sequenz“ positiv war (Nachweis von Blut im Gelenk) auch häufiger eine t-RML aufwiesen (als Patienten ohne Nachweis einer RML oder einer p-RML), auch wenn allerdings „nur“ die Hälfte (50%) der t-RML einen Häm-Nachweis aufwies.

Auch die SLAP (superior Labrum anterior posterior) -Läsion fand sich signifikant häufiger bei gleichzeitigem Nachweis einer t-RML (56%) im Verhältnis zu keiner RML (19%) und t-RML (33%), auch wenn hier ebenso „nur“ in der Hälfte der t-RML eine SLAP-Läsion im MRT detektierbar war.

Ein Muskelödem zeigte sich ebenfalls signifikant vermehrt in der t-RML Gruppe (64%) vs. ohne RML (34%) und p-RML (33%) ($p = 0.01$).

In der Multivariat-Analyse fanden sich degenerative Zeichen (AC-Gelenkarthrose, kraniale Humeruskopfdezentrierung, höhergradige Verfettung etc.) signifikant im Zusammenhang mit einer t-RML (erhöhtes Risiko für eine t-RML bei degenerativen Zeichen im MRT).

Zysten am Tuberkulum majus fanden sich signifikant häufiger (aber nicht ausschließlich) bei Fällen mit t-RML der Supraspinatussehne (keine RML: 21%; p-RML: 33%; t-RML: 48%, $p = 0.006$).

In 23% fanden sich innerhalb des MRTs eine Rockwood I bzw. II Verletzung des Acromioklavikulargelenks. In diesen Fällen zeigten sich zudem signifikant weniger t-RML ($p = 0.019$) im Vergleich zu p-RML und ohne RML. Auch im seltenen Fall einer Rockwood III Verletzung fand sich keine t-RML (wobei diese sich in 3% der Fälle jeweils nicht bei fehlender RML und p-RML vorfand).

Klinische Parameter / Soziodemographie

Die Bewegungsausmaße zeigten sich bei Nachweis einer t-RML signifikant schlechter (Flexion/Abduktion/ARO/IRO), zudem war der Drop-arm-test bei t-RML als einziger RM-Test signifikant positiv zum Zeitpunkt 1. Im Vergleich der klinischen Scores zwischen den beiden Untersuchungszeitpunkten fand sich zwischen den drei Gruppen (keine RML, p-RML, t-RML) ein signifikanter Unterschied zwischen Z1 (v1) und Z2 (v2) im Sinne einer geringeren Verbesserung von DASH, VAS und CSM bei t-RML gegenüber den Vergleichsgruppen.

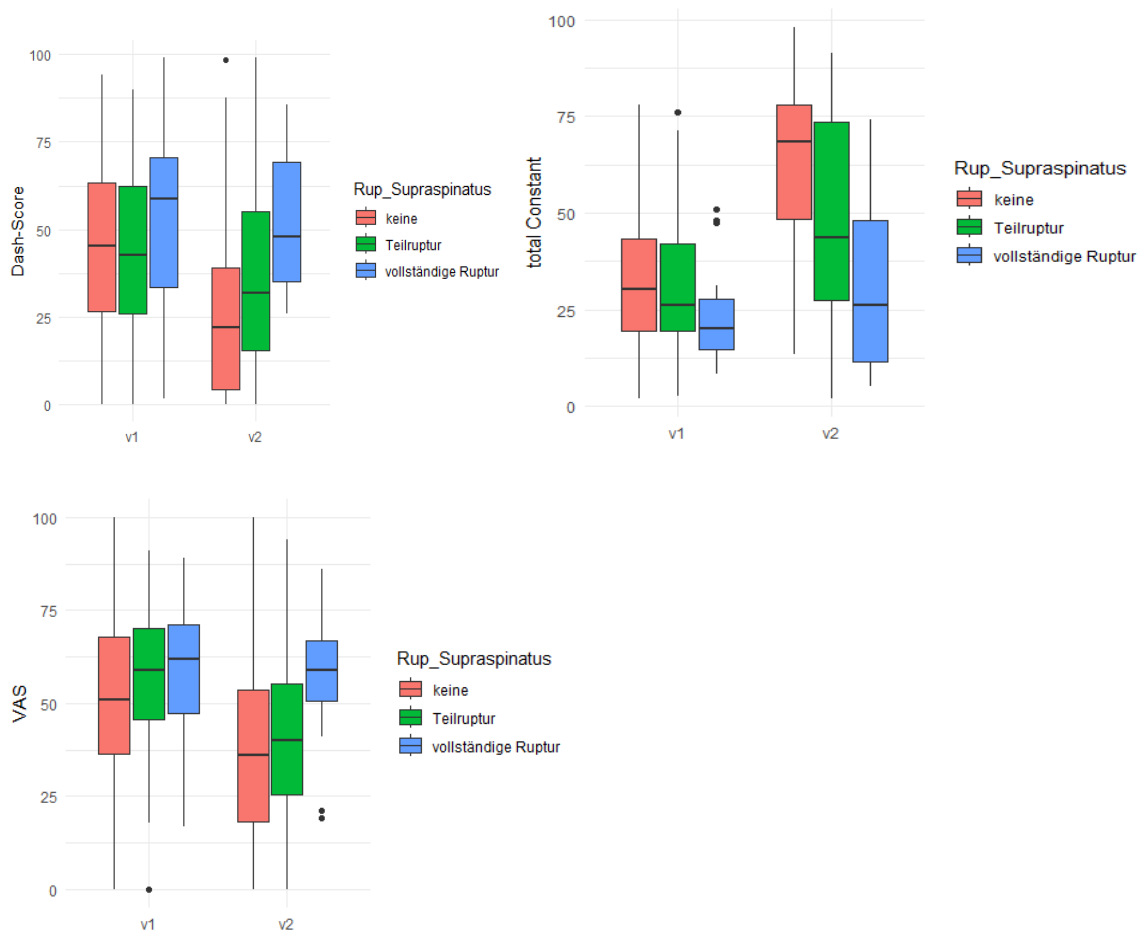


Abb.1. Verlauf der Schmerzangabe und der klinischen Funktion der betroffenen Schulter zwischen Zeitpunkt 1 (hier v1) und Zeitpunkt 2 (hier v2) anhand des DASH, des Constant Scores und der visuellen Analogskala (VAS).

Der HADS-Score (Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS)) zeigte keine Auffälligkeiten zwischen den Gruppen ohne RML (Ø 5 Punkte), p-RML (Ø 6 Punkte) und t-RML (Ø 6 Punkte) ($p=0.29$).

Bei Vorliegen einer t-RML war der Sturz auf den ausgestreckten Arm in 56% vertreten gefolgt vom seitlichen Sturz auf die Schulter (28%). Patienten ohne Nachweise einer RML erlitten einen Sturz auf den ausgestreckten Arm in 30% und einen seitlichen Sturz auf die Schulter in 54% (p-RML 30%/56%). Zwischen den Gruppen konnte diesbezüglich keine Signifikanz nachgewiesen werden, auch wenn eine Tendenz zur Signifikanz bei Sturz auf den ausgestreckten Arm vorlag ($p=0.055$). Auch in der Verteilung zwischen Niedrig- und Hochransanztraumata zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p=0.47$).

Innerhalb des logistischen Modells zeigte sich, dass das Alter und eine in der Vergangenheit bereits geschädigte Schulter die wichtigsten Prädiktoren für das Auftreten einer t-RML der Supraspinatussehne waren ($OR = 1.13$; $p < 0.001$ bzw. $OR = 3.6$; $p = 0.021$).

Hinsichtlich der Schmerzen an der Schulter VOR dem Unfall fand sich in der Angabe der betroffenen Patienten kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezogen auf die Supraspinatussehne (keine RML: schmerzfrei:

65%/ schmerzhaft: 33%; k.A.: 2%; p-RML: schmerzfrei: 64%/ schmerzhaft: 36%; t-RML: schmerzfrei: 52%/ schmerzhaft: 44%/ k.A.: 4%).

Röntgen-Parameter

Von allen erhobenen Röntgen-Parametern/ Zeichen (Critical Shoulder Angle [CSA], Akromion-Index, Akromiohumerale Distanz [AHD], Sklerose Tuberkulum majus, Sourcil-Zeichen, Omarthrose) zeigte der CSA ($p=0,004$), die AHD ($p=0,034$), die Sklerose am Tuberkulum majus und das Sourcil-Zeichen ($p=0,004$) einen signifikanten Zusammenhang mit einer t-RML der Supraspinatussehne (CSA: $\emptyset 36,5^\circ \pm 4$) gegenüber fehlender RML (CSA: $\emptyset 34,3^\circ \pm 4$) und der Gruppe mit p-RML (CSA: $\emptyset 33,5^\circ \pm 4$). Innerhalb der Gruppe der p-RML fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Partialrupturformen in Korrelation zum CSA.

Hinsichtlich der Arbeitsunfähigkeit (AU) fand sich ein signifikanter Zusammenhang der AU innerhalb der drei Gruppen mit einer AU > 6 Wochen auf Seiten der t-RML ($p=0,03$). Zudem stand das Patientenalter (0,001) und der HADS score (0,025) in signifikantem Zusammenhang mit der AU. Setzt man den Nachweis der Häm-Sequenz und den Gelenkerguss (als Hinweis für einen strukturellen Schaden bzw. eine erhöhte Schwere des Traumas auf die Schulterinnenstrukturen) zur AU ins Verhältnis, so zeigt sich auch hier eine prolongierte AU (> 6 Wochen) bei Nachweis beider Parameter (Häm-S.: 0,003; Gelenkerguss: 0,037).

Folgende weitere wichtige abgefragte Faktoren standen innerhalb dieser Studie in keinem signifikanten Zusammenhang zu einer p-RML oder t-RML der Supraspinatussehne (Auswahl):

Nikotinabusus

BMI

Berufstätigkeit

körperliche Arbeit

Überkopftätigkeit

Schulterbelastende Sportarten

5. Auflistung der für das Vorhaben relevanten Veröffentlichungen, Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte von nicht am Vorhaben beteiligten Forschungsstellen

Bitte geben Sie an, ob seit Projektbeginn relevante Publikationen u. ä. von Dritten zur Forschungsthematik veröffentlicht wurden. Falls ja, diese Publikationen sowie Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechte bitte auflisten und angeben, ob und ggf. welche Konsequenzen diese für das Projekt hatten bzw. haben.

Von den erhobenen Daten wurden bis dato keine Publikationen erstellt bzw. Daten veröffentlicht.

Forschungsthematik „Dritter“:

Einige wenige Publikationen beschäftigen sich seit der damaligen Recherche im Rahmen der Antragsstellung mit der hier behandelten Thematik:

Eine Publikation versucht Kriterien zu definieren, welche als traumatisch oder degenerativ gelten könnten und ruft die Wissenschaftsgemeinschaft dazu auf eine Nomenklatur zu standardisieren, da diese mit exakter Trennschärfe nicht vorliegt aber benötigt wird (1).

In 2024 wurde nochmals versucht die verschiedenen Entitäten (traumatisch/degenerativ) anhand der MRT Diagnostik einzuteilen. Hier wurden anhand eines Reviews verschiedene Anzeichen dargestellt, die allgemein als „traumatisch“ bzw. „degenerativ“ gelten. Dies kann als übersichtliche Grundlage für die Diskussion dieser Arbeit herhalten, enthält jedoch keine wesentlich neuen Erkenntnisse (2).

Eine weitere kürzlich veröffentlichte Arbeit fand eine fehlende inter-observer Zuverlässigkeit in der Beurteilung von Supraspinatussehnenläsionen hinsichtlich der Einteilung in traumatisch bzw. vorbestehenden Schaden (3).

Alle diese Arbeiten verdeutlichen, dass keine wesentlichen Erkenntnisse in der Zwischenzeit publiziert wurden, die Thematik aber weiterhin von großem Interesse in der weltweiten Literatur ist.

1. Pogorzelski J, Erber B, Themessl A, Rupp MC, Feucht MJ, Imhoff AB, Degenhardt H, Irger M. Definition of the terms "acute" and "traumatic" in rotator cuff injuries: a systematic review and call for standardization in nomenclature. Arch Orthop Trauma Surg. 2021 Jan
2. Mowbray J, Mohammed K. Can imaging determine if a rotator cuff tear is traumatic? N Z Med J. 2024 Mar
3. Nyffeler RW, Cristina L, Buess E, Schuster F, Ruijs P, Flury R. Can radiologists and orthopaedic surgeons distinguish between traumatic and degenerative rotator cuff tears on MRI? Int Orthop. 2025 Sep

6. Bewertung der Ergebnisse hinsichtlich des Forschungszwecks/-ziels, Schlussfolgerungen

Beschreibung der Relevanz der Ergebnisse für die gesetzliche Unfallversicherung insbesondere im Hinblick auf die Praxisverknüpfung. Auch der Beschreibung für geplante Schritte einer Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Routine-Anwendung.

Generell fanden sich nur wenige transmurale Rupturen der Supraspinatussehne (8%), bei 3% transmuralen Subscapularissehnenrupturen, (1% Infraspinatus). Als übergeordnete Erkenntnis aus der Studie lässt sich feststellen, dass **Alter und Vorschädigung signifikant mit t-RML und p-RML der Supraspinatussehne in Zusammenhang stehen**. Insofern stehen degenerative Vorschäden mit dem Nachweis einer Supraspinatussehnenruptur in Zusammenhang, wobei der prozentuale Anteil nicht exakt beziffert werden kann. Die Ergebnisse unterstützen generell die These degenerativer Einflüsse auf die Ruptur von Supraspinatussehnen bei akut-traumatischen Ereignissen.

Allerdings konnte innerhalb der MRTs festgestellt werden, dass Personen bei denen die „Häm-Sequenz“ positiv war (Nachweis von Blut im Gelenk) auch häufiger eine t-RML aufwiesen. Somit ist mit hoher Wahrscheinlichkeit bei Nachweis von frischem Blut im Gelenk auch von einer strukturellen frischen Schädigung auszugehen. Ob diese

immer auf die nachgewiesene t-RML zurückgeführt werden kann bleibt unklar. Angesichts der relativ geringen Zahl in der Untergruppe der t-RML von n=25 lassen sich diesbezüglich allein auf dieser Grundlage nur eingeschränkt Schlüsse für eine Unterscheidung zwischen traumatisch oder degenerativ ziehen, auch wenn sich zeigte, dass die Häm-Sequenz bei deutlich mehr Patienten mit einer t-RML nachgewiesen werden konnte, was für einen akuten relevanten strukturellen Schaden in dieser Untergruppe gegenüber den Vergleichsgruppen spricht (keine RML: 22% positive Häm-Sequenz; p-RML: 20% positive Häm-Sequenz; t-RML: 50% positive Häm-Sequenz). **Somit kann die Häm-Sequenz im MRT als wichtiger Marker generell hinsichtlich eines frischen Schulterbinnenschadens in der unmittelbaren Zeit nach Trauma hinzugezogen werden und die Einschätzungskriterien ergänzen.**

Auffällig war darüber hinaus hinsichtlich der drei Gruppen, dass sich der CSA signifikant unterschiedlich zeigte. In diesem Zusammenhang lag der CSA im Schnitt signifikant höher bei den t-RML gegenüber den anderen beiden Gruppen, was diese anlagebedingte anatomische Einflussgröße als wichtigen Faktor im Sinne einer Prädilektion für t-RML erscheinen lässt, was sich mit dem vorhandenen Wissen innerhalb der Literatur anhand von retrospektiven Bildauswertungen deckt. **Insbesondere der CSA sollte als Beurteilungsgröße bei Begutachtungen in der Gesamtschau der Befunde Berücksichtigung finden.**

Der innerhalb dieser Studie untersuchte **Traumamechanismus allein hat keinen signifikanten Einfluss auf eine Läsion der RM**. Festzustellen ist, dass im jungen Patientenalter die entsprechenden Traumamechanismen zu keiner t-RML geführt haben, weswegen der Traumamechanismus auf eine t-RML als alleiniger Einflussfaktor unwahrscheinlich ist (explizit auszunehmen ist die RML bei Schulterluxation oder in seltenen Fällen Polytraumata, welche in der Literatur belegt und hier nicht Teil der Untersuchung war). In diesem Zusammenhang zeigt sich jedoch, dass der Sturz auf den ausgestreckten Arm und der Sturz seitlich auf die Schulter prozentual am häufigsten genannt wurden in allen Gruppen (!) und dass „Unfallmechanismen“ wie „plötzliche Rotation“, „aktive Kraft“ oder „passive Traktion“ mit 2-8% in allen Gruppen nur sehr selten zu Protokoll gegeben wurde.

Hinsichtlich der Arbeitsunfähigkeit (AU) zeigten sich das Alter, ein mutmaßlich struktureller akuter Schaden (Häm-Nachweis, Gelenkerguss) bei t-RML und auch der HADS score in Zusammenhang mit einer prolongierten AU.

Acromioclaviculargelenks (ACG)-verletzungen fanden sich auffällig häufig innerhalb des Kollektivs (23%). In diesem Zusammenhang detektiert das frühzeitige MRT diese Art von Bandrupturen, welche ohne wesentliche Dislokation innerhalb des initialen Röntgenbildes nicht immer sichtbar sind aber für ein prolongiertes Schmerzbild innerhalb der ersten Wochen nach Trauma verantwortlich sein können.

Der Nachweis von Zeichen akuter Verletzungen innerhalb des MRTs im unmittelbaren Zeitraum nach dem Trauma ist hilfreich um als zusätzliches Instrument in der Bewertung zwischen einer traumatischen und einer degenerativen RML zu unterscheiden.

Zur Beantwortung der Hypothesen:

- Welchen Stellenwert nimmt das MRT in der unmittelbaren (maximal 7 Tage nach Trauma) Akutphase nach dem Unfallereignis in der Diagnostik einer traumatischen RML ein? Hypothese: Das Fehlen von Hinweisen auf ein frisches Schultertrauma (Erguss, Muskel-/Knochenödem, Sehnen-Kinking) im unfall-zeitnahe MRT schließt eine RML aus.

➔ Das frühzeitige MRT demonstriert den Vorteil frühzeitig unfalltypische Läsionen zu detektieren. Diese können somit schon in der unmittelbaren Phase für die Einordnung zwischen traumatisch und degenerativ herangezogen werden.

- Wie korrelieren der nativradiologische Befund (Arthrosezeichen, Humeruskopfhochstand, CSA, etc.) und der Unfallzeitpunkt-nahe MRT-Befund?

➔ Ein erhöhter Critical Shoulder Angle (CSA) und die Akromiohumerale Distanz [AHD] zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit einer t-RML der Supraspinatussehne. Diese Daten bestätigen die Literatur hinsichtlich einer erhöhten Inzidenz von Supraspinatussehnenrupturen im Zusammenhang mit den genannten anatomischen Parametern.

- Welchen Stellenwert nimmt die sog. "Häm"-Sequenz oder T2*-gewichtete GradientenEcho-MRT in der Detektion einer RML ein? Hypothese: Ein fehlender Blutungsnachweis im Schultergelenk, an der RM oder im periartikulären Weichgewebe schließt eine RML aus.

➔ Die Häm-Sequenz ist sehr nützlich um frühzeitig strukturelle Schäden der Binnenstrukturen festzustellen (innerhalb der ersten Wochen). Die zusätzliche Analyse der Häm-Sequenz innerhalb des MRTs kann helfen das Ausmaß der traumatischen Einwirkung auf die Schulter besser einzuschätzen.

- Lassen sich Unfallmechanismen eingrenzen, die nicht auf die Schulter wirken und damit nicht in der Lage sind, eine strukturelle Schädigung der RML auszulösen? Hypothese: Nur spezifische, in Richtung der Krafteinwirkung und Armstellung definierte Unfallmechanismen sind geeignet, zu einer traumatischen RML zu führen.

➔ Der Sturz auf die Schulter und der Sturz auf den ausgestreckten Arm sind die häufigsten Traumamechanismen innerhalb der Studie in allen Gruppen. Dass bei einem Niedriggrasanztrauma (Sturz, etc.) im fortgeschrittenen/ mittleren Patientenalter RML nachgewiesen werden konnten, welches als traumatisch gewertet wurde und diese gleichen Traumamechanismen im jungen Patientengut zu keiner RML geführt haben zeigt, dass eine degenerative Komponente bei diesen nachgewiesenen Rupturen

hinreichend wahrscheinlich vorlagen bzw., dass der Traumamechanismus (im Bereich Niedriggrasanztrauma) als alleinige Ursache für eine RML unwahrscheinlich ist.

- Wie aussagekräftig sind die klinischen Schulter-Tests in der Akutphase nach Trauma zur Detektion einer RML?

Hypothese: Es gibt eindeutige klinische Hinweise, die auf eine akute RML schließen lassen (z. B. die Pseudoparalyse/Drop-Arm).

➔ Der Drop-arm-Test war signifikant häufiger positiv bei Nachweis einer t-RML als in den Vergleichsgruppen. Insbesondere in der Akut-Phase eignet sich der Test zur frühzeitigen Einschätzung für eine RML.

- Die Korrelation von unfall-zeitnaher MRT-Diagnostik der Schulter und Auswertung der Unfallmechanismen erlaubt auch die Zuordnung weiterer (strittiger) Schulterpathologien in eine akut-traumatische oder degenerative Genese. Hypothese: Ein Strukturschaden der Schulter ohne Ergussbildung ist in der unmittelbar nach Trauma vorliegenden MRT auszuschließen.

➔ Eine unfall-zeitnahe MRT-Diagnostik erbringt den Nachweis traumatischer Einwirkungen auf die Schulter (Erguss, etc.). Im SGB VII-Bereich sollte somit frühzeitig eine weiterführende Diagnostik forciert werden um eine Einschätzung hinsichtlich der Ursache der RML abgeben zu können.

- Korrelieren bestimmte Verletzungen und patientenindividuelle Faktoren (berufliche Tätigkeit, Arbeitsunfall oder gesetzlich krankenversicherter Unfall) mit einer längeren Krankheitsdauer und prolongierten Arbeitsunfähigkeit? Hypothese: Psychosoziale Faktoren korrelieren häufig vielmehr als strukturelle Schäden und objektivierbare Befunde mit Krankheitsdauer und Schmerz. Dieses Phänomen konnte innerhalb für unterschiedliche, degenerative Schultererkrankungen nachgewiesen werden.

➔ Hinsichtlich der Arbeitsunfähigkeit (AU) fand sich ein signifikanter Zusammenhang der AU innerhalb der drei Gruppen mit einer AU > 6 Wochen auf Seiten der t-RML. Ferner stand das Patientenalter in Zusammenhang mit der AU, was aber auch im Umkehrschluss daran liegen kann, dass die t-RML nur in fortgeschrittenem/mittleren Patientenalter vorgefunden wurde und die Ruptur letztlich als ein entscheidender Grund für die AU gelten kann. Auch die Traumaschwere (Nachweis der Häm-Sequenz und Gelenkerguss) zeigte einen Zusammenhang zur AU, wobei auch der HADS Score als psychosozialer Score mit der AU korrelierte. Abschließend lassen sich somit vorwiegend strukturelle Schäden bzw. Traumaresiduen als Gründe für die AU finden, wobei innerhalb dieser Studie ausschließlich die ersten Wochen nach Trauma untersucht wurden und nicht weit darüber hinaus reichende AU-Zeiträume, welche ggf. nach Abklingen bzw. Therapie von Traumafolgen zu anderen Ergebnissen führen würden.

7. Aktueller Umsetzungs- und Verwertungsplan

Sofern bereits ein Plan für die Umsetzung und Verwertung der Ergebnisse besteht diesen – ggf. mit Angabe der absehbaren Zeithorizonte – aufführen. Sofern kein solcher Plan besteht, bitte auch dies angeben. Hier können u.a. ggf. auch bereits angenommene oder in Vorbereitung oder Planung befindliche Publikationen genannt werden.

Die Ergebnisse sollen in einem internationalen peer-reviewed Journal Mitte/Ende 2026 /Anfang 2027 publiziert und auf verschiedenen Kongressen präsentiert werden.

8. Anhang/Anhänge

Bei Forschungsk Kooperationen ist das ausgefüllte und unterschriebene Formblatt „Erklärung für das Berichtswesen in Kooperationsprojekten“ beifügen. Bei Bedarf können weitere Anhänge (z. B. im Projekt entwickelte Fragebögen) ergänzt werden.

Verzeichnis zu Abkürzungen und Fachtermini

Abduktion – seitliches Abspreizen

AC- Gelenk – Acromioclavikulargelenk (Gelenk zw. Schulterblatt und Schlüsselbein)

AHD – Acromiohumerale Distanz, radiologisch messbare Abstand zwischen Schulterdach und Oberarmkopf

Akromion – höchster Punkt des Schulterblatts

Akromionindex – radiologischer Parameter zur Beurteilung der lateralen Ausdehnung des Akromions

ARO – Außenrotation

artikularseitig – zur Gelenkfläche hin

bursaseitig – zum Schleimbeutel hin gewandt

CMS – Constant & Murley Score

CSA – Critical Shoulder Angle

DASH Score – Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score

degenerativ – Verschleiß/ Abnutzung

Drop-arm-test – Fallarmtest

Flexion – Beugung

HADS – Hospital Anxiety and Depression Scale

Hochrasanztrauma – Verletzung, die durch Einwirkung hoher (z.B. Verkehrsunfall) kinetischer Energie entstehen

Humeruskopf – Oberarmkopf

intratendinös – innerhalb einer Sehne

IRO – Innenrotation

k.A. – keine Angabe(n)

kranial – kopfwärts gelegen

Niedrigrasanztrauma - Verletzung, die durch Einwirkung niedriger (z.B. Sturz durch Stolpern) kinetischer Energie entstehen

Omarthrose – Arthrose des Schultergelenks

Ödem – Schwellung

Plexusverletzung – Schädigung des Nervenplexus

p- RML- partielle Rotatorenmanschettenläsion (Teilriss der Sehne)

Residuen - Rückstände

RM – Rotatorenmanschette (Sehnenmanschette am Oberarmkopf)

RML – Rotatorenmanschettenläsion(en) (Verletzung d. Sehnenmanschette am Oberarmkopf)

Rockwood Verletzung – Schultergelenksprennung (Einteilung Grad I-IV)

Sehnen- Kinking – Einlagerung von Kalziumkristallen in Sehnen

SLAP- Läsion – superior Labrum anterior posterior- Läsion (Riss der oberen Gelenkklippe in der Schulterpfanne, der vom vorderen zum hinteren Teil verläuft)

Sourcil-Zeichen – klinischer Test, der eine Instabilität der unteren Schulterkapsel anzeigt

traumatisch – durch Gewalteinwirkung

t- RML – transmurale Rotatorenmanschettenläsion (vollständiger Riss der Sehne)

Tuberkulum majus – großer markanter Knochenvorsprung am oberen Ende des Oberarmkopfes

VAS – Visuelle Analogskala Schmerz