

Mathias Ritsch<sup>1</sup>, Casper Grim<sup>2</sup>

# Muskel- und Sehnenverletzungen der oberen Extremität

## *Muscle and tendon injuries to the upper extremity*

**Zusammenfassung:** Muskel- und Sehnenverletzungen an der oberen Extremität sind besonders im Kraftsport häufiger zu beobachten. Viele dieser Verletzungen werden dabei unterschätzt und bagatellisiert. Die zuverlässige Einschätzung des tatsächlichen Verletzungsausmaßes ist Grundlage einer erfolgreichen Therapie. Die klinische und die sonografische Diagnostik haben hierbei den größten Stellenwert. Ein MRT ist nur im Zweifel erforderlich. Die operative Therapie, welche beim Sportler schon bei partiellen Muskel- und Sehnenverletzungen notwendig sein kann, sollte innerhalb von 1–2 Wochen durchgeführt werden. Inwieweit eine operative Therapie sinnvoll ist, muss mit dem Patienten diskutiert werden. Sekundäre Rekonstruktionen führen auch zu einer Verbesserung, sind aber der primären Rekonstruktion im Ergebnis unterlegen. Verletzungen der distalen Bizepssehne, des Trizeps und des Pectoralis bedürfen eher der operativen Therapie, während Verletzungen des Latissimus, des Teres major und der langen Bizepssehne auch konservativ therapiert gute Ergebnisse zeigen. Die Nachbehandlung richtet sich nach der Therapie der jeweiligen Verletzung.

**Schlüsselwörter:** Muskel-Sehnen-Ruptur, Pectoralis-major-Ruptur, Ruptur distale Bizepssehne, Trizeps-Ruptur, operative Therapie

### Zitierweise

Ritsch M, Grim C: Muskel- und Sehnenverletzungen der oberen Extremität. OUP 2018; 7: 550–555 DOI 10.3238/oup.2018.0550–0555

**Summary:** Muscle and tendon injuries to the upper extremity are more common, especially in strength training. Many of these injuries are underestimated and trivialized. The reliable assessment of the actual extent of the injury is the basis of a successful therapy. Clinical and sonographic diagnostics have the highest priority here. An MRI is only necessary in case of doubt. The surgical therapy, which may be necessary for the athlete in case of partial muscle and tendon injuries, should be carried out within 1–2 weeks. To what extent an operative therapy makes sense must be discussed with the patient. Secondary reconstructions also lead to an improvement, but are inferior to the primary reconstruction in the result. Injuries to the distal biceps tendon, triceps, and pectoralis are more likely to require operative treatment, while injuries to the latissimus, teres major, and long head biceps tendon also with conservative treatment good results can be achieved. The after-treatment depends on the treatment of the respective injury.

**Keywords:** muscle tendon rupture, pectoralis major rupture, distal biceps tendon rupture, triceps rupture, operative treatment

### Citation

Ritsch M, Grim C: Muscle and tendon injuries to the upper extremity. OUP 2018; 7: 550–555 DOI 10.3238/oup.2018.0550–0555

## Einleitung

Muskelverletzungen sind durch funktionelle und strukturelle Veränderungen im Muskelgewebe definiert. Eine Einteilung erfolgt in Muskelverhärtung/-zerrung, Muskelfaserriss und Muskelbündel-/Muskelriss [2]. Die Zerrung zeigt in der Regel reversible Veränderungen, aber der Muskelfaserriss zeigt bereits strukturelle Veränderungen, die zu nicht kontrakti-

lem Narbengewebe führen [18]. Exzentrische Kontraktionen erzeugen höhere Kräfte und führen zu größeren Muskelschädigungen [4]. Die Einteilung der Muskelverletzungen (Tab. 1) erfolgt nach Müller Wohlfahrt et al. [24].

Järvinen et al. [19] beschreiben in einer weiterführenden Klassifikation des Grad 3b (Bündelriss > 5 mm) und Grad 4 (Muskelriss) nach Müller Wohlfahrt et al. [24] die Lokalisation der Verletzung.

Es wird in

1. proximaler myotendinöser Übergang,
2. Muskel und
3. distaler myotendinöser Übergang unterschieden. Die Rupturen im Muskel werden zudem in
  - a. intramuskulär,
  - b. myofaszial,
  - c. myofaszial/perifaszial,
  - d. myotendinös und
  - e. kombiniert differenziert.

<sup>1</sup> Sportorthopädie Rosenheim, Chefarzt Schön-Klinik Vogtareuth, Leitender Arzt Krankenhaus Bad Arolsen

<sup>2</sup> Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie, Klinikum Osnabrück, Osnabrück

Auch Sehnen zeigen Überlastungsschäden in Form der Tendopathie. In der Literatur werden zwar Sehnenrisse an einzelnen Lokalisationen klassifiziert, aber eine allgemeingültige Klassifikation von Sehnenverletzungen liegt nicht vor. Generell kann man jedoch qualitativ, quantitativ und die Lage der Sehnenpathologie unterscheiden. Qualitativ lassen sich Tendopathie, Peritendopathie und Riss differenzieren. Quantitativ werden Teilrisse und komplette Risse unterschieden. Die Lokalisation betrifft den myotendinösen Übergang, die Sehne selbst, den knöchernen Ansatz der Sehne als Avulsion oder die jeweilige Apophyse selbst als Avulsionsfraktur.

Muskel- und Sehnenverletzungen werden zudem in akute und chronische sowie in direkte und indirekte Verletzungen unterschieden.

Zum Riss kommt es, wenn die Belastbarkeit der jeweiligen Struktur überschritten wird. Ab einer Dehnung von > 4 % werden mikroskopisches Versagen und ab 8 % ein makroskopisches Versagen durch intrafibrilläre Schädigung beobachtet. Das größte Risiko einer Sehnenschädigung besteht bei schneller und schräger Spannung sowie bei exzentrischer Kontraktion [32]. Dynamische und isometrische Kraftspitzen, aber auch wiederholte Belastungen können ebenfalls zum Riss führen. Für Sehnenverletzungen werden vielfach auch degenerative Prozesse verantwortlich gemacht [15, 20]. Intrinsische Risikofaktoren wie Alter, lokale Anatomie und Biomechanik, vorangegangene Verletzungen, Degeneration, genetische Disposition, konsumierende Erkrankungen wie Rheumatoide Arthritis und Niereninsuffizienz, Rauchen und Medikamente wie Flouorchinolone (Ciproflo-



**Abbildung 1** Akute M.-Pectoralis-major-Ruptur mit pathologischem Konturzeichen

xacin), Tetracyclin (Doxycyclin), Statine und Steroide können die Belastbarkeit modulieren [35, 36].

Ziel der Therapie sollte immer eine möglichst geringe Narbenausheilung sein, um die Ausgangslänge der Muskel-Sehnen-Einheit zu erhalten. Dies führt zum Kräftehalt und damit zum Erhalt der sportlichen Leistungsfähigkeit. Viele dieser Verletzungen werden dabei unterschätzt und bagatellisiert.

**Merksatz: Die zuverlässige Einschätzung des tatsächlichen Verletzungsausmaßes ist Grundlage einer erfolgreichen Therapie.**

Eine operative Therapie sollte innerhalb von 10 Tagen erfolgen.

### Diagnostik

Die genaue Anamnese mit der gezielten Frage nach einem Riss-Gefühl oder

Knallgeräusch legt den Verdacht auf eine relevante Verletzung nahe. Der klinische Befund zeigt in der Regel eine Deformierung des betroffenen Muskels. Das Vorhandensein oder die Größe eines Hämatoms lassen keine Rückschlüsse auf das Ausmaß der Verletzung zu. Auch kann ein Hämatom an anderer Stelle als die Verletzung lokalisiert sein. Ein Spannungsverlust im Muskel tritt nur bei großen Rissen auf und hier je nach Lokalisation auch nicht immer. Für die einzelnen Verletzungslösungen sind auch verschiedene funktionelle Tests beschrieben. Neben dem klinischen Befund ist die sonografische Untersuchung insbesondere durch die dynamische Untersuchungsmöglichkeit elementar. Ein MRT ist nur im Zweifel erforderlich, sollte dann aber auch zeitnah erfolgen. Die Kenntnis der spezifischen Verletzungsmuster erleichtert zudem die Diagnostik. Viele Verletzungen werden trotzdem nicht erkannt oder das Ausmaß der Verletzung falsch eingeschätzt.

### Pectoralis

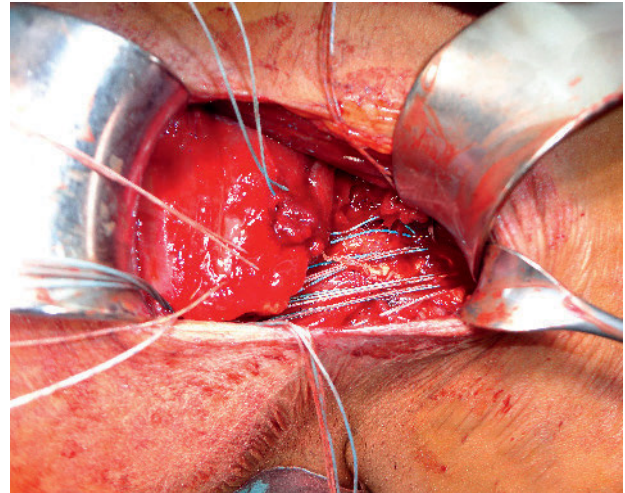
Die Ruptur des M. pectoralis major ist eine seltene Verletzung. Die Anzahl der Publikationen hat aber deutlich zugenommen. So sind in der Literatur mittlerweile fast 1000 Fälle vielfach in Form von Fallbeschreibungen und retrospektiven Untersuchungen dokumentiert. Der M. pectoralis major ist in 3 Anteile gegliedert. Der claviculäre Anteil ist uni-

Klassifikation der Muskelverletzungen (nach Müller-Wohlfahrt et al. [24])		
Verletzungsart	Klassifikation	
Funktionell	1 Überlastungsbedingte Typen	1a Ermüdungsbedingte Muskelverhärtung 1b Neurogene Muskelverhärtung
	2 Neuromuskuläre Typen	2 Neuromuskuläre Muskelzerrung
Strukturell	3 Partieller Riss	3a Muskelfaserriss (<5 mm) 3b Muskelbündelriss (>5 mm)
	4 Muskelriss	4 Muskelriss/sehnliger Muskelausriss

**Tabelle 1** Klassifikation der Muskelverletzungen (nach Müller-Wohlfahrt et al. [24])



**Abbildung 2** Chronische M.-Pectoralis-major-Ruptur Typ II



**Abbildung 3** Nahtanlage bei M.-Pectoralis-major-Ruptur im muskulärem Übergang

form, während sich der sternocostale Anteil in 6–7 Segmente gliedert [14]. Der Muskel setzt mit einer sehr dünnen und kurzen Sehne breitflächig unmittelbar lateral von der langen Bizepssehne an der *Christa tuberculi majores* über 5–8 cm an. Es ist häufig ein vorderes und hinteres Sehnenblatt in einer nach cranial offenen U-Form zu unterscheiden. Dabei wird das vordere Sehnenblatt durch den claviculären Anteil und das hintere durch die beiden unteren Anteile gebildet [14]. Die Verletzung des *M. pectoralis major* tritt im Kraftsport und dort insbesondere beim Bankdrücken (zu ca. 85 %) auf [3, 12, 27, 28, 30]. Die Lokalisation der Verletzung betrifft eher den myotendinösen Übergang und die beiden unteren Anteile [3, 12, 28]. Auch beim Sturz auf den ausgestreckten Arm oder in den außenrotierten Arm sowie bei kräftigen Innenrotationsbewegungen sind Verletzungen des *M. pectoralis major* beschrieben. Direkte Traumata sind selten [3, 12, 27, 28]. In der klinischen Diagnostik ist besonders der Verlust der Kontur der vorderen Axillarfalte beweisend für eine Ruptur (Abb. 1). Ein Hämatom findet sich nicht selten nur am Oberarm und nicht an der Brust. Bei den chronischen Rupturen lassen sich 2 verschiedene Typen unterscheiden [30]. Der Defekttyp (Typ 1) ist durch einen mehr oder weniger großen Defekt mit Retraktion des Muskels geprägt. Beim Flügelfelltyp (Typ 2) bildet sich im Bereich des Defekts ein regelhaft störendes narbiges Flügelfell aus (Abb. 2). Me-

diale Rupturen kommen auch vor, sind aber selten. Die Einteilung der *M.-pectoralis-major-Ruptur* wird nach Zeitpunkt, Lokalisation, Typ und Ausprägung unterschieden [12]. Die konservative Therapie weist mit einer Erfolgsquote von 20–70 % die schlechtesten Ergebnisse mit bis zu 50 % Kraftverlust auf [3, 27]. Nur bei Muskelfaserrissen und kleineren Rissen im muskulären Anteil ist die konservative Behandlung beim Sportler sinnvoll. Aber letztlich entscheidet das Vorgehen der Patient. Die Indikation zur Rekonstruktion ist bei fast allen lateralen Rissen und auch bei bestimmten medialen Rissen gegeben. Chronische Rupturen können auch noch nach Jahren erfolgreich rekonstruiert werden. Die primäre Rekonstruktion sollte innerhalb von 10 Tagen angestrebt werden. Die Rekonstruktion erfolgt mit Nahtankern am Humerus (Abb. 3). So können die freie Funktion, die volle Kraftfähigkeit sowie die kosmetische Wiederherstellung der vorderen Axillarfalte erreicht werden. Mithilfe von Sehnen Auto- oder Allografts sind auch komplexe sekundäre Rekonstruktionen erfolgreich möglich. Postoperativ wird der Arm 6 Wochen in einer Schlinge immobilisiert. Mit dem Belastungsaufbau kann ab der 11. Woche begonnen werden. In der akuten Versorgung werden die besten Ergebnisse mit 90–100 % bei primärer OP innerhalb der ersten 2 Wochen nach Trauma erreicht. Auch in der Isokinetik beträgt die Kraftfähigkeit hier 90–100 % der Gegenseite. Die sekundä-

re Rekonstruktion > 6 Wochen wird in der Literatur mit 70–90 % guten Resultaten bei einem Kraftverlust von 10–30 % beschrieben [3, 27, 28]. Durch die Verwendung von Auto- und Allografts können die Ergebnisse bei den sekundären Rupturen verbessert werden [6, 30].

### Latissimus und Teres major

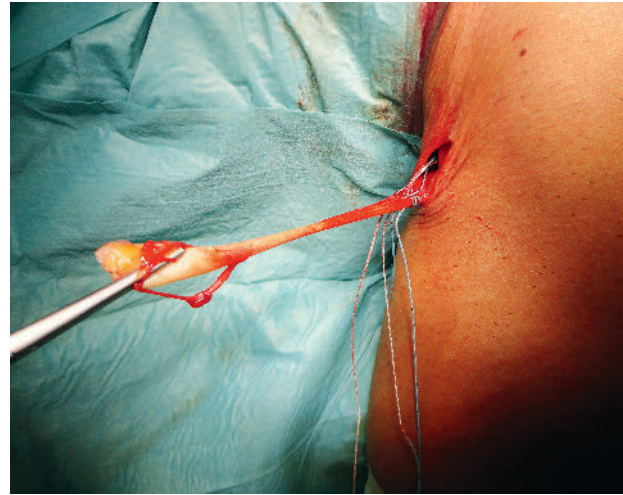
Verletzungen des *Latissimus* oder des *Teres major* sind sehr selten und kommen isoliert, aber auch kombiniert vor. Der häufigste Verletzungsmechanismus ist Hyperextension bzw. Hyperabduktion bei Baseball-Pitchern. Aber auch eine akute Zugbelastung bei ausgestrecktem Arm beim Wasserski oder im Kraftsport beim Kreuzheben kann zur Verletzung führen [8]. Diagnostisch zeigt der *Tabletop-Test* die Verletzung (Abb. 4). Die konservative Therapie bringt auch im Sport über 90 % gute Ergebnisse [25]. In Einzelfällen ist die operative Therapie über einen hinteren axillären Zugang in Seitenlage indiziert [16].

### Lange Bizepssehne

Verletzungen der langen Bizepssehne betreffen den Bizepsanker (*Slap-Läsion*), das Pulley und die Sehne selbst. Die ca. 10 cm lange Sehne reißt am häufigsten proximal intraartikulär oder distal im Sulcus. Häufig ist der Riss der langen Bizepssehne mit einer Pathologie der Ro-



**Abbildung 4** Latissimus-Ruptur im Table-top-Test



**Abbildung 5** Subpectorale Tenodese der langen Bizepssehne

tatorenmanschette vergesellschaftet. Partialrupturen sind ebenfalls häufig. Nach einem vollständigen Riss kommt es in bis zu 80 % zur Deformierung des langen Bizepskopfs, dem sog. Popeye-Zeichen [7]. Partialrupturen mit krampfartigen Schmerzen im Bizeps und Schmerzen können besonders bei muskulösen Patienten anhalten und dauerhaft Beschwerden machen. Der Riss führt zur Abnahme der Flexionskraft im Ellenbogen um 8–16 % und der Supinationskraft um 11–21 %. Auch die Ausdauer ist bis zu 25 % eingeschränkt [26]. Klinisch ist das Popeye-Zeichen richtungsweisend. Ein MRT zum Ausschluss von weiteren Schulterpathologien ist sinnvoll. Im Gegensatz zur distalen Bizepssehne wird der Riss der langen Bizepssehne allgemein konservativ behandelt. Letztlich muss aber im Einzelfall mit dem Patienten entschieden werden, ob eine operative Therapie sinnvoll ist. Die operative Therapie der Wahl ist die subpectorale Tenodese (Abb. 5). Die lange Bizepssehne wird mit Nahtanker, suture plate oder Interferenzschraube am oder im Humerus fixiert. Eine zusätzliche Arthroskopie des Schultergelenks sollte immer durchgeführt werden. Postoperativ erfolgt eine Immobilisierung in einer Schlinge für 4 Wochen. Belastungen des Bizeps sollten nicht vor der 11. Woche erfolgen. Die besten Ergebnisse werden auch hier mit der frühzeitigen Operation erzielt, aber auch bei verspäteten Rekonstruktionen wird in 78 % eine Verbesserung des Schmerzes

und in 74 % eine Verbesserung der Kraft beschrieben [13, 26].

### Distaler Bizeps

Der Riss der distalen Bizepssehne betrifft zu 95 % Männer mit einem Altersgipfel zwischen 40 und 60 Jahren [21]. Die Sehne macht zum Ansatz einen Twist, sodass die Sehne des langen Kopfs an der Tuberositas radii und die Sehne des kurzen Kopfs etwas unterhalb davon ansetzt [11]. In der Regel kommt es zur Avulsion von der Tuberositas radii (Abb. 6). Risse im Sehnenverlauf oder am myotendinösen Übergang sind selten. Partialrupturen am Ansatz kommen auch vor. Ursächlich für einen Riss ist eine unerwartete Krafteinwirkung auf den gebeugten und supinierten Unterarm [33]. Der komplette Riss führt zu einer Schwächung der Supinationskraft um 21–55 % und der Flexionskraft um 10–40 % [10, 17]. Eine relevante Retraktion des Muskelbauchs nach cranial entsteht erst, wenn auch die Aponeurose gerissen ist. In der Anamnese wird häufig ein schmerzhaftes Rissgeräusch genannt, und klinisch zeigen der Hook-Test (von lateral!) und der Squeeze-Test eine Sensitivität von 96–100 % [10, 17]. Der klinische Befund ist vielfach eindeutig (Abb. 7), sodass ein MRT nur im Zweifel notwendig ist. Therapiestandard ist aufgrund des relevanten, zu erwartenden Kraftdefizits die operative Therapie. Für die Refixation stehen verschie-

dene Verfahren mit Nahtankern, Interferenzschraube oder Buttons zur Verfügung. Ziel ist die exakte Wiederherstellung der ursprünglichen Länge der Muskel-Sehnen-Einheit. Postoperativ erfolgt eine Ruhigstellung in einer Schlinge für 6 Wochen. Der Belastungsaufbau beginnt ab der 11. Woche. Die Komplikationsrate der operativen Therapie ist hoch und wird in einem neueren Review mit 33,2 %, davon 13,7 % neurologisch, angegeben [22]. Auch heterotope Ossifikationen kommen häufig vor, haben meist aber keinen negativen Einfluss auf die Beweglichkeit. Das Risiko kann jedoch durch die postoperative Indometacin-Gabe (75 mg/Tag mindestens 10 Tage) hoch signifikant gesenkt werden [5]. Die funktionellen Ergebnisse der operativen Therapie liegen bei 96–100 % [33]. Partialrupturen bedürfen auch vielfach der operativen Therapie, da der distale Sehnenansatz nur eine geringe Heilungstendenz zeigt. Sekundäre Rekonstruktion mit einem Auto- oder Allograft können die Funktion ebenfalls signifikant verbessern [34].

### Trizeps

In der Literatur sind ca. 500 Rupturen der Trizepssehne vielfach in Form von Fallbeschreibungen beschrieben. Die Sehne zeigt einen 2-schichtigen Aufbau, wobei die oberflächliche Schicht aus den konfluierenden Sehnen des langen und des lateralen Kopfs gebildet wird,



**Abbildung 6** Avulsion der distalen Bizepssehne mit typischem „Füßchen“

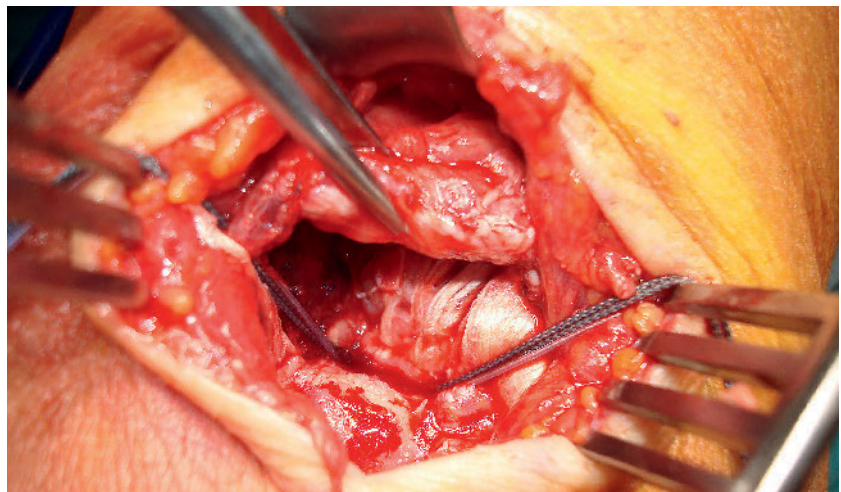


**Abbildung 7** Klinischer Befund bei distaler Bizepssehnen-Ruptur



**Abbildung 8** Tastbare Delle bei Trizeptssehnen-Ruptur

während die tiefe Schicht vom medialen Kopf gebildet wird. Die meisten Verletzungen entstehen durch exzentrische Belastung bei einem Sturz mit dem Versuch, sich abzustützen. Auch im Kraftsport kann es zu Verletzungen der Trizeptssehne kommen [23, 29, 31]. In 50 % der Fälle bestanden schon vor dem Riss Probleme [23, 29, 31]. Die Avulsionsverletzung ist die Regel (Abb. 8). Der Riss kann die gesamte Sehne, aber auch nur partiell den oberen oder den unteren Sehnen-Layer betreffen. Diagnostisch zeigt sich vielfach eine tastbare Lückenbildung am Ansatz (Abb. 9) und ein Kraftdefizit für die Ellenbogen-Extension. Die Sehne retrahiert teilweise nur wenig, sodass auch ein kompletter Riss übersehen werden kann. Radiologisch ist das Fleck-Zeichen, die knöcherne Avulsion eines Osteophyt vom Olecranon, beweisend für eine Ruptur. Dieses zeigt sich in 61–88% der Fälle [9]. Im Zweifel ist ein MRT erforderlich. Die Therapie ist in aller Regel operativ, konservativ verbleibt ein Kraftdefizit von 30–50 % [1]. Auch Partialrupturen, insbesondere des langen Kopfs, bedürfen auch der operativen Therapie. Operativ wird die Sehne mit Nahtankern oder transossären Nähten am Olecranon refixiert. Postoperativ erfolgt eine Immobilisation in einer 20° Gipsschiene oder einer Orthese für 6 Wochen. Die Belastungsaufnahme erfolgt an der 11. Woche. In ca. 90 % führt die primäre Rekonstruktion zu guten Ergebnissen mit Erreichen des präoperativen Aktivitäts-



**Abbildung 9** Nahtankerlage bei Trizeptssehnen-Ruptur

niveaus. Aber es kann trotzdem ein leichtes Kraftdefizit verbleiben [1, 9]. Sekundäre Rekonstruktionen, ggf. mit einem Sehngraft, zeigen noch in 70–90 % gute Ergebnisse [29, 31]. Die Komplikationsrate ist insgesamt gering. Rerupturen bis 6 % sowie Naht- und Ankerinsuffizienzen, Bursareizungen und Kraftdefizite sind beschrieben [9, 23, 31].

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben.

#### Korrespondenzadresse

Mathias Ritsch  
Sportorthopädie Rosenheim  
Salinstraße 11  
83022 Rosenheim  
info@sportortho-ro.de

## Literatur

- Balazs GC, Brelin AM, Dworak TC, Brooks DJ, Mauntel TC, Tintle SM, Dickens JF: Outcomes and complications of triceps tendon repair following acute rupture in American military personnel. *Injury*. 2016; 47: 2247–51
- Bloch W: Physiologische Muskelheilung und Störfaktoren. In: Müller-Wohlfahrt HW, Uebelacker P, Hänsel L (Hrsg): *Muskelverletzungen im Sport*. Stuttgart, New York: Thieme, 2010: 104–24
- Butt U, Mehta S, Funk L, Monga P: Pectoralis major ruptures: a review of current management. *J Shoulder Elbow Surg* 2015; 24: 655–62
- Byrne C, Twist C, Eston R: Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. *Sports Med* 2004; 34: 49–69
- Costopoulos CL, Abboud JA, Ramsey ML, Getz CL, Sholder DS, Taras JP, Huttman D, Lazarus MD: The use of indomethacin in the prevention of postoperative radioulnar synostosis after distal biceps repair. *J Shoulder Elbow Surg* 2017; 26: 295–8
- Dehler T, Pennings AL, ElMaraghy AW: Dermal allograft reconstruction of a chronic pectoralis major tear. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: e18–22
- Denard PJ, Dai X, Hanypsiak BT, Burkhart SS: Anatomy of the biceps tendon: implications for restoring physiological length-tension relation during biceps tenodesis with interference screw fixation. *Arthroscopy* 2012; 28: 1352–8
- Donohue BF, Lubitz MG, Kremchek TE: Sports Injuries to the Latissimus Dorsi and Teres Major. *Am J Sports Med* 2017; 45: 2428–35
- Dunn JC, Kusnezov N, Fares A, Rubin S, Orr J, Friedman D, Kilcoyne K: Triceps Tendon Ruptures: A Systematic Review. *Hand (NY)* 2017; 12: 431–8
- Dunphy TR, Hudson J, Batech M, Acevedo DC, Mirzayan R: Surgical Treatment of Distal Biceps Tendon Ruptures: An Analysis of Complications in 784 Surgical Repairs. *Am J Sports Med* 2017; 45: 3020–9
- Eames MH, Bain GI, Fogg QA, van Riet RP: Distal biceps tendon anatomy: a cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 1044–9
- ElMaraghy AW, Devereaux MW: A systematic review and comprehensive classification of pectoralis major tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21: 412–22
- Euler SA, Horan MP, Ellman MB, Greenspoon JA, Millett PJ: Chronic rupture of the long head of the biceps tendon: comparison of 2-year results following primary versus revision open subpectoral biceps tenodesis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016; 136: 657–63
- Fung L, Wong B, Ravichandiran K, Agur A, Rindlisbacher T, Elmaraghy A: Three-dimensional study of pectoralis major muscle and tendon architecture. *Clin Anat* 2009; 22: 500–8
- Galloway MT, Lalley AL, Shearn JT: The role of mechanical loading in tendon development, maintenance, injury, and repair. *J Bone Joint Surg Am* 2013; 95: 1620–8
- Garrigues GE, Lazarus MD: Operative treatment of isolated teres major ruptures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012; 21: e6–11
- Hetsroni I, Pilz-Burstein R, Nyska M, Back Z, Barchilon V, Mann G: Avulsion of the distal biceps brachii tendon in middle-aged population: is surgical repair advisable? A comparative study of 22 patients treated with either nonoperative management or early anatomical repair. *Injury* 2008; 39: 753–60
- Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M: Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med* 2005; 33: 745–64
- Järvinen TA, Järvinen M, Kalimo H: Regeneration of injured skeletal muscle after the injury. *Muscles Ligaments Tendons J* 2014; 3: 337–45
- Kannus P, Józsa L: Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73: 1507–25
- Kelly MP, Perkinson SG, Ablove RH, Tueting JL: Distal Biceps Tendon Ruptures: An Epidemiological Analysis Using a Large Population Database. *Am J Sports Med* 2015; 43: 2012–17
- Kodde IF, Baerveldt RC, Mulder PG, Eygendaal D, van den Bekerom MP: Refixation techniques and approaches for distal biceps tendon ruptures: a systematic review of clinical studies. *J Shoulder Elbow Surg* 2016; 25: e29–37
- Mirzayan R, Acevedo DC, Sodl JF, Yian EH, Navarro RA, Anakwenze O, Singh A: Operative Management of Acute Triceps Tendon Ruptures: Review of 184 Cases. *Am J Sports Med* 2018; 46: 1451–8
- Müller-Wohlfahrt HW, Uebelacker P, Binder A, Hänsel L: Anamnese, klinische Untersuchung und Klassifikation. In: Müller-Wohlfahrt HW, Uebelacker P, Hänsel L (Hrsg): *Muskelverletzungen im Sport*. Stuttgart, New York: Thieme, 2010: 136–159
- Nagda SH, Cohen SB, Noonan TJ, Raasch WG, Ciccotti MG, Yocum LA: Management and outcomes of latissimus dorsi and teres major injuries in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 2011; 39: 2181–6
- Ng CY, Funk L: Symptomatic chronic long head of biceps rupture: Surgical results. *Int J Shoulder Surg*. 2012; 6: 108–11
- Provencher MT, Handfield K, Boniqt NT, Reiff SN, Sekiya JK, Romeo AA: Injuries to the pectoralis major muscle. *Am J Sports Med* 2010; 28: 1693–1705
- Ritsch M: Evaluierung und Management der M. Pectoralis major Ruptur. *Obere Extremität* 2010; 5: 179–85
- Ritsch M: Muskel- Sehnenverletzungen des Schultergürtels. In: Grim C, Engelhardt, M (Hrsg): *Die Sportlerschulter*. Stuttgart: Schattauer 2016: 163–72
- Ritsch M: Pectoralsehnenprobleme. In: Plaaß C, Weisskopf, L (Hrsg): *Die Sehne*. Berlin: DeGruyter, 2017: 100–6
- Ritsch M: Trizepssehne. In: Plaaß C, Weisskopf, L (Hrsg): *Die Sehne*. Berlin: DeGruyter, 2017: 129–34
- Sharma P, Maffulli N: Tendon injury and tendinopathy: healing and repair. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87: 187–202
- Siebenlist S, Schmidt-Horlohé K, Hoffmann R, Stöckle U, Elser F: Operative Therapie distaler Bicepsrupturen. *Z Orthop Unfall* 2010; 148: 477–86
- Snir N, Hamula M, Wolfson T, Meislin R, Strauss EJ, Jazrawi LM: Clinical outcomes after chronic distal biceps reconstruction with allografts. *Am J Sports Med* 2013; 41: 2288–95
- Taimela S, Kujala UM, Osterman K: Intrinsic risk factors and athletic injuries. *Sports Med* 1990; 9: 205–15
- Xu Y, Murrell GA: The basic science of tendinopathy. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466: 1528–38