

Lucca Lacheta¹, Bastian Scheiderer¹, Andreas B. Imhoff¹, Sebastian Siebenlist¹

Trizepssehnenruptur und -insuffizienz

Triceps tendon rupture and insufficiency

Zusammenfassung: Distale Trizepssehnenrupturen stellen eine seltene Muskel- und Sehnenverletzung dar. Beim Vorliegen einer kompletten Ruptur lässt sich die Diagnose häufig klinisch stellen mit ausgeprägtem Kraftdefizit für die Extension. Zur Unterscheidung zwischen Partial- und Komplettruptur sowie zur Beurteilung von Retraktion und Muskelqualität sollte die Magnetresonanztomografie herangezogen werden. Während Partialläsionen (ohne wesentliches Kraftdefizit) an der knöchernen Insertion – als auch Rupturen im muskulotendinösen Übergang – konservativ behandelt werden können, sollte bei Komplettrupturen oder bei Partialläsionen mit ausgeprägtem Kraftdefizit eine zeitnahe operative Versorgung (< 3 Wochen) erfolgen. Aktuell stehen verschiedene OP-Techniken mit guten biomechanischen und klinischen Ergebnissen zur Verfügung, wie im Folgenden beschrieben. Die Trizepssehneninsuffizienz nach Implantation einer Ellenbogentotalendoprothese (TEP) ist eine Komplikation, über die der Patient aufzuklären ist. Zur Vermeidung von Trizepssehnen-Komplikationen sollte ein „Triceps-on“-Zugang bei der TEP-Implantation Anwendung finden.

Schlüsselwörter: Ellenbogen, Trizepssehnenruptur, Trizepssehneninsuffizienz, v-förmige doppelreihige Trizepssehnenrekonstruktion

Zitierweise

Lacheta L, Scheiderer B, Imhoff AB, Siebenlist S: Trizepssehnenruptur und -insuffizienz. OUP 2018; 7: 325–329 DOI 10.3238/oup.2018.0325–0329

Summary: The distal triceps tendon rupture is a rare entity. The main clinical finding is a loss of extension force. The magnetic resonance tomography helps to distinguish between partial and complete ruptures of the tendon as well as to assess muscle quality and tendon retraction. Partial distal triceps tendon ruptures (without significant extension loss) and ruptures of the musculotendinous junction can be treated conservatively. Complete ruptures and partial ruptures of the distal triceps tendon (with significant loss of extension) should be treated operatively in the acute stadium (< 3 weeks). Up to date several reconstruction techniques exist with excellent biomechanical and clinical properties as described in the following. In case of triceps tendon insufficiency after elbow arthroplasty, clinical expectations have to be discussed with the patient. To avoid triceps associated complications a “triceps-on” approach should be favored.

Keywords: elbow, triceps tendon rupture, triceps insufficiency, V-shaped double-row repair technique

Citation

Lacheta L, Scheiderer B, Imhoff AB, Siebenlist S: Triceps tendon rupture an insufficiency. OUP 2018; 7: 325–329 DOI 10.3238/oup.2018.0325–0329

Einleitung

Die distale Trizepssehnenruptur stellt eine sehr seltene Entität dar [1–3]. Die distale Trizepssehne ist nur in ca. 1 % der Sehnen- und Muskelverletzungen betroffen [4]. Der am häufigsten geschilderte Unfallhergang ist ein Sturz auf den ausgestreckten Arm oder ein direktes Trauma (mit teilweise offener Verletzung). Außerdem werden Spontanrupturen beim Gewichtheben oder sekundäre Insuffizienzen beobachtet, v.a. nach total-endoprothetischem Ge-

lenkersatz des Ellenbogens [5, 6]. Es werden verschiedene Risikofaktoren wie systemische Erkrankungen (z.B. Hyperparathyreoidismus, chronische Niereninsuffizienz), Kortison-Einnahme und Anabolika-Abusus beschrieben [3, 7]. Einem erhöhten Risiko sind Männer und Profi-Fußballspieler ausgesetzt [8]. Der Verletzungsmechanismus besteht aus einer exzentrisch einwirkenden Kraft bei sich kontrahierendem Trizepsmuskel. Anatomische Studien zeigen, dass Komplett- und Partialrupturen v.a. an der ossären Ole-

cranon-Insertion auftreten, seltener am muskulotendinösen Übergang [9–11].

Anatomic

Der M. triceps brachii besteht aus 3 Köpfen, deren gemeinsame distale Sehne ungefähr 12–14 mm distal der Olecranonspitze domförmig ansetzt. Die distale Trizepssehne hat im Gesamten eine Breite von ca. 41 mm im Insertionsbereich. Der knöcherne Footprint be-

¹ Abteilung für Sportorthopädie, Klinikum rechts der Isar, TU München

trägt ca. 466 mm² bei einer Länge von ca. 21 mm und Weite von 23 mm [12].

Die lateralen Sehnenanteile haben eine breite, flächige Insertion und strahlen in die Anconeus-Faszie mit anguliertem Faserverlauf ein. Demgegenüber haben die medialen Sehnenanteile einen geraden Verlauf und ziehen direkt an das Olecranon, mit wenigen Abgängen nach medial zur Weichteildeckung des Sulcus ulnaris [9].

Leitsymptome und klinische Untersuchung

Äquivalent zur distalen Bizepssehnenruptur ist die distale Trizepssehnenruptur in erster Linie eine klinische Diagnose. Im Akutstadium stellt sich eine palpable Sehnenlücke am dorsalen, distalen Humerus dar, diese ist jedoch häufig aufgrund von Weichteilschwellung und Hämatom nicht eindeutig zu erkennen. In der klinischen Untersuchung wird der Patient aufgefordert, gegen die Schwerkraft bzw. Widerstand den flektierten Ellenbogen (bei 180° elevierter Schulter!) zu strecken. Das ist je nach Ausdehnung (Teil- vs. Komplettruptur) nicht bzw. nur eingeschränkt möglich (Abb. 1). Gerade bei erhaltenen lateralen Sehnenanteilen ist oftmals eine Extension möglich, im direkten Seitenvergleich zeigt sich diese jedoch abgeschwächt. Bei kompletter Ruptur der distalen Trizepssehne führt eine manuelle Kompression des Muskelbauchs zum Ausbleiben einer Extension im Ellenbogengelenk, ähnlich dem Thompson-Test der Achillessehnenuntersuchung.

Bildgebende Diagnostik

Es sollte in jedem Fall ein Röntgen des Ellenbogens in 2 Ebenen durchgeführt werden, um die häufig zu erkennende, knöcherne Avulsionsverletzung („flake of bone“ = knöcherner Ausriss des Sehnenansatzes) nicht zu verpassen und um ggf. das operative Vorgehen entsprechend anpassen zu können (Abb. 2a).

Zur Beurteilung von Ausdehnung (Partial- bis Komplettruptur) und Retraktion sollte additiv die Sonografie oder Magnetresonanztomografie erfolgen. Gerade bei chronischen distalen Trizepssehnenläsionen sollte die Magnetresonanztomografie herangezogen

werden, um den genauen Grad der Sehnenretraktion als auch die Muskelqualität beurteilen zu können.

Therapeutisches Vorgehen

Konservative Therapie

Die Indikation zur konservativen Therapie besteht in erster Linie bei Partialläsionen am muskulentendinösen Übergang. Bei Partialläsionen bis zu 50 % im Bereich der Sehneninsertion kann ein konservativer Therapieversuch erfolgen, solange kein relevantes Kraftdefizit be-

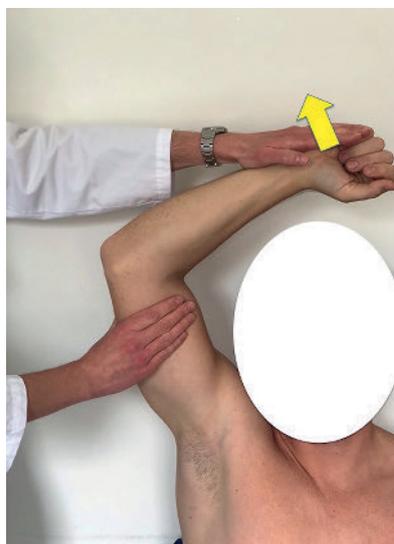


Abbildung 1 Kraftprüfung des Trizepsmuskels bei eleviertem Schultergelenk (Ausschaltung der Schwerkraft!) und 90° flektierten Ellenbogen.

steht [13]. Initial erfolgt die Ruhigstellung in Schiene oder Orthese mit Limitierung der Flexion auf 30° für die ersten 4–6 Wochen, mit anschließend sukzessiver Freigabe des Bewegungsumfangs in der beweglichen Ellenbogenorthese. Der volle Bewegungsumfang sollte (spätestens nach 12 Wochen) erreicht sein als Voraussetzung für ein aktives Training der Extensionskraft. Die vollständige Wiederherstellung der Extensionskraft sollte über einen Zeitraum von 6–9 Monaten erreicht werden [13].

Ergebnisse nach konservativer Therapie sind rar und beschränken sich auf einzelne Fallberichte. So zeigten Mair et al. bei 10 Athleten eine Rückkehr zum ursprünglichen Sportniveau, in 6 von 10

Fällen ohne Kraftdefizit. Drei der 6 Athleten unterzogen sich nach Saisonende einer operativen Therapie. Einer von 10 Patienten erlitt bei der Rückkehr zum Sport eine Komplettruptur nach 5 Tagen [8].

Operative Therapie

Die Indikation zur operativen Therapie besteht bei Komplettrupturen sowie Partialläsionen mit relevantem Kraftdefizit. Eine zeitnahe Versorgung (< 3 Wochen) wird empfohlen, jedoch ist eine operative Behandlung auch nach einem längerem Zeitraum unter Umständen möglich [3]. Auch bei frustriertem, konservativem Therapieverlauf sollte die operative Therapie (bei Partialläsionen im Insertionsbereich) mit dem Patienten kritisch diskutiert werden. Hierbei spielt neben Alter und Vorerkrankungen vor allem das Aktivitätsniveau eine entscheidende Rolle.

Die operative Therapie der Komplettruptur besteht aus dem Debridement der Insertionsregion und anschließender anatomischer Refixation. Bis dato existiert bei der operativen distalen Trizepssehnenrekonstruktion keine Standardtechnik. Bei Partialläsionen besteht neben der Komplettierung der Ruptur auch die Möglichkeit der isolierten Refixation des Caput mediale bzw. Caput laterale et longum des Trizepsmuskels. Athwal et al. beschrieben in 2 Fällen eine arthroskopische Fadenankerrefixation des Caput mediale mit gutem klinischem Outcome; beide Patienten konnten ohne Einschränkungen den Kraftsport wiederaufnehmen [14].

Die transossär kreuzende distale Trizepssehnenrefixation („transosseus cruciate repair technique“), ist nicht zuletzt durch den geringen Materialaufwand die am weitesten verbreitete Technik [15]. Nachteilig zeigen sich hierbei jedoch eine nicht-anatomische Reinsertion der Sehne und schwache biomechanische Eigenschaften der Rekonstruktion hinsichtlich Primärstabilität und Footprint-Deckung [16]. Die aus der Schulterchirurgie transferierte „knotless suture-bridge repair technique“ – die doppelreihige, kreuzende Ankerrefixation der distalen Trizepssehne – kann nahezu eine anatomische Rekonstruktion des distalen Sehnenansatzes bei biomechanisch großer Primärstabilität erreichen [16]. Der relativ große Materialaufwand (von 4 Ankern) auf kleiner Fläche führt

jedoch zu einem potenziellen intraartikulären Verletzungsrisiko aufgrund von Ankerlage, -größe und -länge.

In der eigenen Arbeitsgruppe wurde deshalb die modifizierte v-förmige doppelreihige Trizepssehnenrekonstruktion („V-shaped double-row repair technique“) weiterentwickelt, welche die guten biomechanischen Eigenschaften der „knotless suture-bridge repair technique“ übernimmt – mit flächiger Footprint-Deckung und hoher Primärstabilität – bei reduziertem Materialaufwand und potenzieller Reduzierung des intraartikulären Verletzungsrisikos durch Verwendung eines intramedullären Buttons anstatt zweier Knochenanker im gelenknahen Bereich [17]. In der biomechanischen Testung konnten dafür eine überlegene Primärstabilität und geringere Sehnenlokation gezeigt werden [18]. Anders als bei den beiden vorgenannten Techniken kam es bei der v-förmigen doppelreihigen Rekonstruktion zu keinen Frakturen im biomechanischen Set-up. Für die Footprint-Deckung zeigten sich vergleichbare Ergebnisse mit der „knotless suture-bridge“ (88,9 % vs. 85,2 %).

V-förmige doppelreihige Trizepssehnen-Rekonstruktion

Die v-förmige doppelreihige Trizepssehnenrekonstruktion mit 2 proximalen Fadenankern und einer distalen intramedullären Buttonfixation soll neben der anatomischen Footprint-Deckung durch eine 1-Punkt-Fixation distal des Gelenks das iatrogene Verletzungsrisiko reduzieren (Abb. 3). Anders als bei knotenlosen Techniken ist die Modifizierung des Sehnenanpressdrucks – ähnlich einem Pulley-System (Flaschenzug) – nach erfolgter Installation des gesamten Fixationssystems möglich. Ein weiterer Vorteil gegenüber der doppelreihigen Ankerrefixation ist der geringere Materialaufwand und die damit verbundene Kostenersparnis [17].

Bei der distalen Trizepssehnenrekonstruktion bietet sich die Bauch- oder Seitenlage an, um einen möglichst guten Zugang zum Olecranon zu haben – bei uneingeschränkter Beweglichkeit im Ellenbogengelenk. Zur besseren intraoperativen Mobilisation der Sehne ist der Verzicht einer Oberarmblutsperrre zu empfehlen.

Der Zugang erfolgt über einen posterolateralen Zugang an der lateralen Begrenzung des M. triceps brachii bis ca.

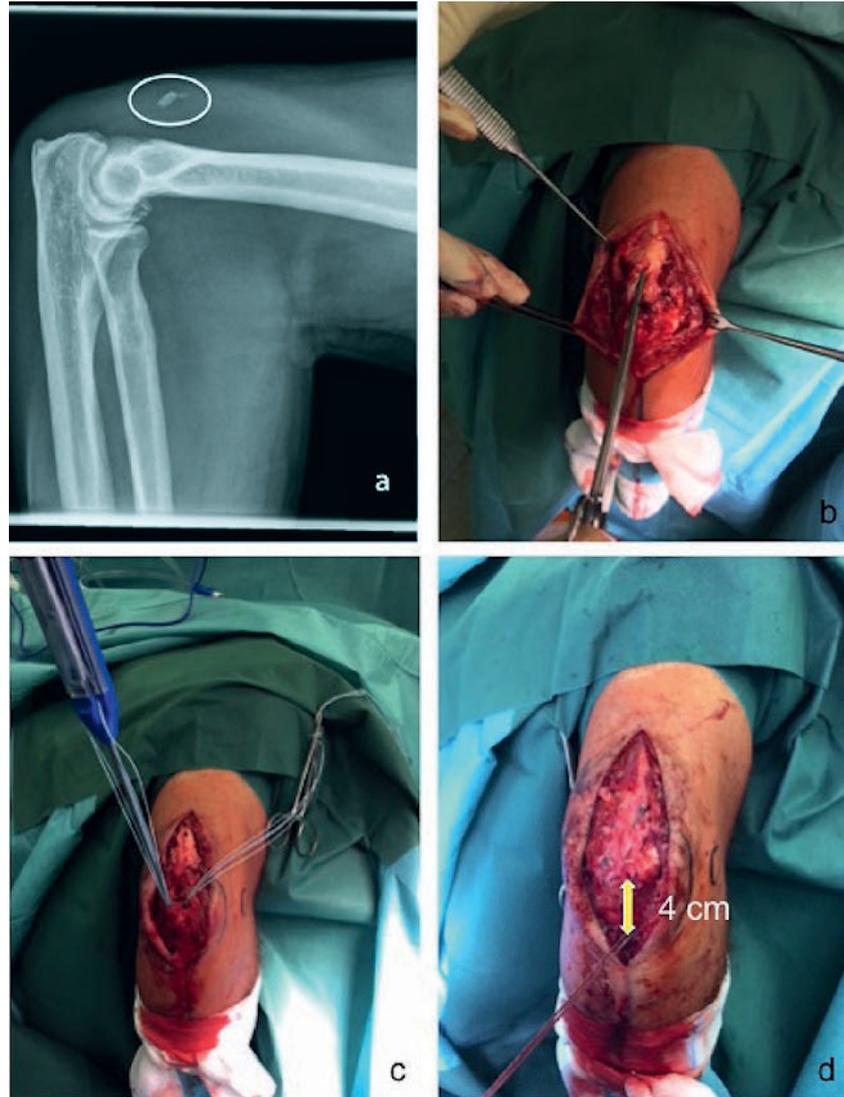


Abbildung 2a-d Präoperative laterale Röntgenaufnahme mit pathognomonischen „flake of bone“ (= knöcherne Avulsion) im Bereich des dorsalen, distalen Humerus **a**); Debridement Footprint (Olecranon) und Mobilisation der distalen Trizepssehne **b**); Platzierung von 2 proximalen Fadenankern medial und lateral mit distaler Ausrichtung **c**); monokortikale Bohrung ca. 4 cm distal der Olecranonspitze, Einführung des Buttons und Verknoten der Fadenpaare **d**).

2 cm distal der Olecranonspitze (nach proximal je nach Retraktion zu erweitern).

Primär erfolgt das gründliche Debridement am Knochenbett am Olecranon (Footprint) und am Sehnenstumpf sowie in subakuten Fällen die Mobilisation der Sehne, sodass eine spannungsfreie Refixation möglich wird (Abb. 2b). Anschließend erfolgt die Platzierung zweier doppelt-armierter Anker (z.B. Titan Corkscrew, Fa. Arthrex, Naples, FL, USA) am proximalen Insertionsbereich medial und lateral (Abb. 2c). Hierbei ist auf eine distale Ausrichtung der Anker zu achten, um eine Perforation des Humeroulnargelenks zu vermeiden.

Es erfolgt die Armierung der distalen Trizepssehne durch eine Kletternaht nach proximal mit jeweils einem freien Fadenpaar über eine Länge von mindestens 3 cm. Durch Zug am freien Fadenende sollte sich die Sehne nun leicht in das Knochenbett reponieren lassen.

Anschließend erfolgt die Zuwendung zur distalen v-förmigen Fixierung mit intramedullärer Button-Fixierung äquivalent zur distalen Bizepssehnen-Refixation wie von den Autoren beschrieben [19]. Dazu erfolgt ca. 4 cm distal der Olecranonspitze die Platzierung eines monokortikalen Bohrlochs im 45°-Winkel zum Ulnaschaft (proximale Ausrichtung). Die freien Fadenenden

werden in den Button einfädelt. Dieser wird transkortikal eingeführt und intramedullär durch Zug an den Fadendenen geflippt (Abb. 2d). Durch die nun v-förmige Konfiguration entsteht eine plane Deckung des anatomischen Footprints. Äquivalent einem Pulley-System kann nun nach Installation des gesamten Fixationssystems der Sehnenanpressdruck durch Spannen oder Lösen der Fadenpaare adjustiert werden.

Postoperative Nachbehandlung

Unmittelbar postoperativ erfolgte die Ruhigstellung in einer posterioren Gipschiene in 90° Flexion für 3–4 Tage (bis zum Abschwellen der Weichteile), anschließend wird auf eine bewegliche Orthese (z.B. EpicoROM, Fa. Medi, Bayreuth) für insgesamt 6 Wochen gewechselt. Die Limitierung der Flexion sollte hierbei 90° betragen. Passive und aktiv-assistierte Beübung beginnt ab dem ersten postoperativen Tag. Auf die aktive Extension sollte für insgesamt 6 Wochen verzichtet werden. Sportliche Aktivitäten sind nach frühestens 12 Wochen freizugeben.

Trizepssehneninsuffizienz nach Ellenbogen-Totalendoprothese (TEP)

Der Erfolg des total-endoprothetischen Ellenbogenersatzes ist multifaktoriell bedingt, hängt aber zum großen Teil von Prothesendesign und OP-Technik ab. Publierte 10-Jahres-Ergebnisse zeigen eine Komplikationsrate nach TEP von 20–45 %. Little et al. beschrieben in einem systematischen Review mit 3618 eingeschlossenen TEPs eine Komplikationsrate von 33 % [20]. Bezüglich der Komplikationen bezogen auf den Zugangsweg zeigte sich, dass bei Trizepschonendem Zugang (Weghalten der Sehne) die Inzidenz einer Trizepssehnenruptur bei nur 0,6 % (1 von 177), bei transtendinösem Zugang bei 2,8 % (12 von 428) und beim Ablösen der Trizepssehne von der Ulna bei 11 % (14 von 129) lag. Ähnlich präsentierten sich die Ergebnisse von Voloshin et al., welche zwischen 1993 und 2009 insgesamt 2938 TEPs durchführten mit einer Trizeps-bezogenen Komplikationsrate von 2,4 % (ohne signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Zugangswegen) [21].



Abbildung 3 Schematische Darstellung der V-förmigen doppelreihigen Trizepssehnenrekonstruktion mit 2 proximalen Fadenankern und einer distalen intramedullären Buttonfixation.

Die Kollegen um Dachts et al. unterschieden in ihrer Arbeit zwischen 2 Zugangsmodalitäten: „Triceps-on“-Zugang mit Erhalt der Trizepssehne und „Triceps-off“-Zugang mit Ablösen und Refixation der Trizepssehne (Abb. 4) [6]. Die klinischen Ergebnisse waren in der Tri-

ceps-on-Gruppe signifikant denen der Triceps-off-Gruppe überlegen. Ferner lag die Komplikationsrate in der Triceps-on-Gruppe bei nur 8,1 % ohne beobachtete Trizepssehnenruptur, in der Triceps-off-Gruppe bei 32,6 % (inkl. 7 sekundärer Trizepssehnenrupturen).

Die Diagnose einer sekundären Trizepssehnenruptur nach total-endoprothetischer Ellenbogenversorgung stellt an den Operateur eine echte Herausforderung dar. Die sekundäre Trizepssehnenrekonstruktion führt meist zu einem unbefriedigenden Ergebnis: Dachts et al. zeigten 100 % (4 von 4) Versagen der distalen Trizepssehnenrekonstruktion nach TEP teils mit Sepsis und nach sich ziehendem Prothesenausbau. Demgegenüber bestand bei 3 konservativ therapierten Patienten ein persistierendes Kraftdefizit mit ebenfalls schlechten klinischen Ergebnissen [6].

Die Frage nach der adäquaten Therapie der sekundären Trizepssehnenruptur nach TEP lässt sich nicht zuletzt aufgrund der geringen publizierten Fallzahlen nicht eindeutig beantworten. Celli et al. empfehlen einen „rotational acromioplasty“ bei gut erhaltenen Weichteilen, bei schlechten Weichteilen oder weiter Retraktion wird die Rekonstruktion mit auto- oder allogenen Transplantat (z.B. Achillessehne) als salvage-procedure diskutiert. Hierdurch kann eine Verbesserung der Extensionskraft im Vergleich zur direkten Rekonstruktion erreicht werden [22].

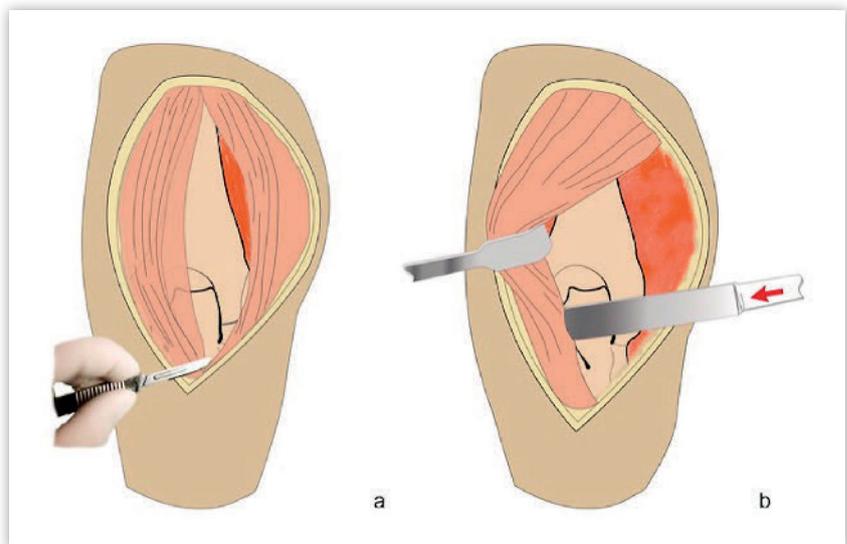


Abbildung 4a–b Trizepsablösender Zugang („Triceps-off“) mit Osteotomie/Ablösen der Trizepssehne am Olecranon **a**); „Triceps-on“-Zugang mit Erhalt des Trizepssehnenansatzes und intratendinösem Split (Paraolecranon-Zugang) **b**).

Zusammenfassung

Das Management distaler Trizepssehnenrupturen umfasst primär eine ausführliche Diagnostik zur Differenzierung zwischen Teil- und Komplettruptur, welche das weitere therapeutische Vorgehen vorgibt. Gerade bei Teilrupturen gilt es je nach Aktivitätslevel und funktionellem Anspruch des Patienten das weitere Vorgehen ausführlich zu besprechen. Während Teilrupturen ohne wesentliches Kraftdefizit einem konservativen Therapieregime zugeführt werden können, sollte bei einer Extensionskraftminderung eine operative Versorgung indiziert werden. Komplettrupturen stellen eine klare OP-Indikation dar. Ein Goldstandard für die operative Technik existiert bis dato nicht, jedoch zeichnet sich ein eindeutiger Trend – ähnlich der Sehnenrekonstruktion der Schulter – zur anatomischen Rekonstruktion mit möglichst vollständiger Deckung des Footprints ab. Im eigenen Vorgehen wird die anatomische Rekonstruktion durch die sog. „V-shaped double-row repair technique“ (proximale Ankerreihe

kombiniert mit einem gelenknahen intramedullären Flipp-Button) angestrebt.

Problematisch stellt sich die Behandlung von sekundären Trizepssehneninsuffizienzen/-rupturen nach totalendoprothetischem Gelenkersatz am Ellenbogen dar. Die direkte Rekonstruktion zeigt in den wenigen publizierten Arbeiten eine große Versagensrate bei schlechten klinischen Ergebnissen. Daher sollte heutzutage der „Triceps-on“-Zugang bei der Implantation einer Ellenbogen-TEP bevorzugt werden [6, 23]. Fallberichte zu salvage-procedures wie Anconeus-Flap oder allogenen Sehneninterponat haben eine Machbarkeit bewiesen, klinische Ergebnisse sind jedoch nicht überzeugend, sodass diese als Reserve-Therapie zurückgehalten werden sollten.

Fazit für die Praxis

- Bei akutem Extensionsverlust bei entsprechender Trauma-Anamnese ist die distale Trizepssehnenruptur eine auszuschließende Diagnose.

- Neben der klinischen Untersuchung stellt die MRT den Goldstandard dar.
- Die operative Therapie der akuten Komplettruptur sollte zeitnah erfolgen (< 3 Wochen).
- Ziel der operativen Techniken ist die flächige, anatomische Rekonstruktion der distalen Trizepssehne (z.B. „V-shaped double-row repair technique“).
- Die Trizepsinsuffizienz nach TEP stellt eine therapeutische Herausforderung dar, Patienten sind über das zu erwartende Ergebnis aufzuklären.
- Für die Implantation einer Ellenbogen-TEP sollte der „Triceps-on“-Zugang Anwendung finden, um eine Trizepssehnen-Komplikation zu vermeiden. OUP

Interessenkonflikt: Keine angegeben.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Sebastian Siebenlist
Klinikum rechts der Isar
Abteilung für Sportorthopädie
Ismaninger Str. 22
81675 München
sebastian.siebenlist@mri.tum.de

Literatur

1. Rineer CA, Ruch DS: Elbow tendinopathy and tendon ruptures: epicondylitis, biceps and triceps ruptures. *J Hand Surg Am* 2009; 34: 566–76
2. Holleb PD, Bach BR Jr.: Triceps brachii injuries. *Sports Med* 1990; 10: 273–76
3. Yeh PC, Dodds SD, Smart LR, Mazzocca AD, Sethi PM: Distal triceps rupture. *J Am Acad Orthop Surg* 2010; 18: 31–40
4. Anzel SH, Covey KW, Weiner AD, Lipscomb PR: Disruption of muscles and tendons; an analysis of 1, 014 cases. *Surgery* 1959; 45: 406–14
5. Sollender JL, Rayan GM, Barden GA: Triceps tendon rupture in weight lifters. *J Shoulder Elbow Surg* 1998; 7: 151–3
6. Dachs RP, Fleming MA, Chivers DA et al.: Total elbow arthroplasty: outcomes after triceps-detaching and triceps-sparing approaches. *J Shoulder Elbow Surg* 2015; 24: 339–47
7. Tsourvakas S, Gouvalas K, Gimtsas C, Tsianias N, Founta P, Ameridis N: Bilateral and simultaneous rupture of the triceps tendons in chronic renal failure and secondary hyperparathyroidism. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004; 124: 278–80
8. Mair SD, Isbell WM, Gill TJ, Schlegel TF, Hawkins RJ: Triceps tendon ruptures in professional football players. *Am J Sports Med* 2004; 32: 431–4
9. Keener JD, Chafik D, Kim HM, Galatz LM, Yamaguchi K: Insertional anatomy of the triceps brachii tendon. *J Shoulder Elbow Surg* 2010; 19: 399–405
10. Madsen M, Marx RG, Millett PJ, Rodeo SA, Sperling JW, Warren RF: Surgical anatomy of the triceps brachii tendon: anatomical study and clinical correlation. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1839–43
11. O'Driscoll SW: Intramuscular triceps rupture. *Can J Surg* 1992; 35: 203–7
12. Yeh PC, Stephens KT, Solovyova O et al.: The distal triceps tendon footprint and a biomechanical analysis of 3 repair techniques. *Am J Sports Med* 2010; 38: 1025–33
13. Demirhan M, Ersen A: Distal triceps ruptures. *EFORT Open Rev* 2016; 6: 255–59
14. Athwal GS, McGill RJ, Rispoli DM: Isolated avulsion of the medial head of the triceps tendon: an anatomic study and arthroscopic repair in 2 cases. *Arthroscopy* 2009; 25: 983–8
15. Horneff JG, 3rd, Aleem A, Nicholson T et al.: Functional outcomes of distal triceps tendon repair comparing transosseous bone tunnels with suture anchor constructs. *J Shoulder Elbow Surg* 2017; 26: 2213–9
16. Clark J, Obopilwe E, Rizzi A et al.: Distal triceps knotless anatomic footprint repair is superior to transosseous cruciate repair: a biomechanical comparison. *Arthroscopy* 2014; 30: 1254–60
17. Scheiderer B, Lacheta L, Imhoff AB, Siebenlist S: V-shaped double-row distal triceps tendon repair: a novel technique using unicortical button fixation. *Eur J Med Res* 2017; 22: 9
18. Scheiderer B, Imhoff FB, Morikawa D et al.: The V-Shaped Distal Triceps Tendon Repair: A Comparative Biomechanical Analysis. *Am J Sports Med* 2018; DOI 10.1177/0363546518771359
19. Siebenlist S, Elser F, Sandmann GH et al.: The double intramedullary cortical button fixation for distal biceps tendon repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2011; 19: 1925–29
20. Little CP, Graham AJ, Carr AJ: Total elbow arthroplasty: a systematic review of the literature in the English language until the end of 2003. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 437–44
21. Voloshin I, Schippert DW, Kakar S, Kaye EK, Morrey BF: Complications of total elbow replacement: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2011; 20: 158–68
22. Celli A, Arash A, Adams RA, Morrey BF: Triceps insufficiency following total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87: 1957–64
23. Studer A, Athwal GS, MacDermid JC, Faber KJ, King GJ: The lateral para-olecranon approach for total elbow arthroplasty. *J Hand Surg Am* 2013; 38: 2219–26