

Fabian Dinkel<sup>1,2</sup>, Lukas Weisskopf<sup>1</sup>, Victor Valderrabano<sup>2</sup>, Claudio Rosso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Praxisklinik Rennbahn, Muttenz, Schweiz

<sup>2</sup> Orthopädische Universitätsklinik Basel, Universitätsspital Basel, 4031 Basel, Schweiz

# «Return to Sports» nach Sehnenrekonstruktionen

## Zusammenfassung

Sehnen heilen langsam, insbesondere im Vergleich zu Knochenläsionen. Allgemein akzeptiert ist, dass eine frühfunktionelle Nachbehandlung mit kürzeren Hospitalisationszeiten, tieferen Komplikationsraten und grösserer Patientenzufriedenheit sinnvoll ist. Um eine optimale Heilung ohne Elongation oder Ausriss zu gewährleisten, soll die operativ versorgte Sehne in den ersten 6 Wochen mit einer entsprechenden Orthese entlastet werden. Mit einer suffizienten Sehnenheilung ist nach 12 Wochen zu rechnen. «Return to Sports» wird nach 6 Monaten möglich, wobei sich die Rehabilitation bei ungünstigen Co-Faktoren, wie schlechter Gewebequalität, systemischen Vorerkrankungen oder Kortisonanwendungen vor der Sehnenruptur deutlich verzögern kann.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 60 (2), 52–55, 2012

## Abstract

Tendons ruptures recover slower than fractures. Generally, early functional rehabilitation is associated with shorter hospital stay, lower complication rates and higher patient satisfaction. In order to support optimum healing without elongation or even rerupture, the operated tendon should be subjected to limited weight-bearing in an orthosis for at least 6 weeks. After 12 weeks, the tendon is sufficiently healed but a return-to-sport cancan nevertheless be advised six months postoperatively. The rehabilitation program can be delayed by poor tissue quality, systemic diseases or cortisone application prior to the rupture of the tendon.

## Einleitung

Verletzungen und überbelastungsbedingte Schäden von Sehnen sind in der sportorthopädischen Praxis häufig. In der funktionellen Einheit des Bewegungsapparates (Muskel, Sehne und Knochen, engl. musculo-tendinous unit, MTU) stellt am häufigsten die Sehne als Bindeglied dieser kinetischen Kette ein potenzielles Risiko für Verletzungen und Überbelastungsschäden dar [9, 32]. Mit der altersbedingten Degeneration oder systemischen Erkrankungen kommt es zunehmend zu Rupturen bei geringer mechanischer Belastung oder sogar zu Spontanrupturen. Im Gegensatz zum Erwachsenen ist die Sehnenruptur bei Kindern und Jugendlichen eher selten. Beidseitige Verletzungen werden häufig mit systemischen Vorerkrankungen assoziiert. Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus, Gicht, Adipositas, Hyperparathyreoidismus, chronische Nierenerkrankungen, Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis und Arteriosklerose werden häufig als prädisponierende Faktoren genannt [13, 26]. Auch eine langjährige Glukocortikoidtherapie [16] und Anabolikamissbrauch [21, 22] im Sport werden in der Literatur als systemische Ursachen angeführt [13]. Die lokale Infiltration mit Glukocortikoiden in Sehngewebe gilt als äusserst problematisch, da sie zu einer direkten Störung des Tendinozytenstoffwechsels führt und daher mit einer erhöhten Rupturgefahr assoziiert wird [36, 47]. In-vitro-Studien konnten zeigen, dass Antibiotika wie Ciprofloxacin und Levofloxacin Metallproteinasen aktivieren [38]. Diese fördern den Kollagenabbau und schwächen somit die Sehnenstruktur (bis zu einer Achillessehnenruptur auf 100 Anwendungen) oder stören die Heilung von Sehnenverletzungen. Auch nicht-steroidale Antirheumatika zeigen in Laboruntersuchungen denselben Pathomechanismus auf das Sehngewebe [42].

Bei einer kompletten Ruptur imponiert klinisch meist ein plötzlicher heftiger Schmerz. Ein manchmal auch laut hörbares Rissgeräusch und eine sofortige Funktionsbehinderung des betroffenen Muskels, beziehungsweise Gelenks werden bemerkt. Es kann zur

Retraktion des Muskelbauches kommen, und häufig ist ein Begleithämatom oder Ödem nachweisbar [9].

Es bleibt zu betonen, dass Sehnen eine langsamere Heilungstendenz als Knochen zeigen [30], dies zeigt sich auch in der längeren Rekonvaleszenzzeit nach Sehnenrupturen. Eine Sehne ist erst nach circa 6 Monaten wieder voll belastungsfähig [11, 37]. Bei allen rekonstruierten Sehnen soll die Naht entlastet werden. In dieser Übersichtsarbeit werden die häufigsten Sehnenrekonstruktionen beleuchtet. Im Folgenden möchten wir auf die in der Literatur vorhandene Nachbehandlung von operativ versorgten Rupturen der Supraspinatus-, Quadriceps-, Patellar- und Achillessehne eingehen.

## Supraspinatussehne

Die Supraspinatussehne ist die am häufigsten rupturierte und rekonstruierte Sehne der Rotatorenmanschette [17]. Wichtig ist die präoperative Aufklärung des Patienten über die lange Rehabilitationszeit und die langsame Einheilung von Sehnen an den Knochen [30]. Der Patient ist darüber aufzuklären, dass er postoperativ die operierte Schulter entsprechend den Anweisungen des Operateurs schützen muss, um ein bestmögliches Resultat zu erreichen. Es dauert mindestens 12 Wochen, um eine ausreichende Ausreisskraft der refixierten Sehne zu erreichen. Eine verbesserte Einheilung erreicht man mit Druck [46] und Immobilisation der Sehne. Häufig wird ein Abduktionskissen verwendet, um erhöhten Zug auf die Sehne oder gar ein Ausreissen zu verhindern. Hatakeyama et al. [14] konnten zeigen, dass bei 30° und 45° Abduktion weniger Zug auf die Rotatorenmanschette wirkt als bei 0° und 15°. Zudem war der Zug am geringsten, wenn sich der Humerus in der Scapulaebene (von der Frontalebene 30° nach anterior gekippt) befand. Ghodadra et al. [11] beschreiben 12 Faktoren, welche die Rehabilitation beeinflussen:

1. der chirurgische Zugang,
2. die Grösse des Risses,

3. die Gewebequalität der gerissenen Sehne,
4. die Fixationsmethode,
5. die Lokalisation der Sehnenruptur,
6. die Rissform,
7. der Unfallmechanismus (degenerativ versus akut),
8. der Operationszeitpunkt,
9. die Gewebequalität der benachbarten Sehnen,
10. die Charakteristika des Patienten,
11. der Ort der Physiotherapie,
12. die Qualität des Physiotherapeuten.

Beim chirurgischen Zugang zu unterscheiden sind offene, mini-open und komplett arthroskopische Operationstechniken. In der offenen Technik wird der M.deltoides am Akromion abgelöst und nach der Naht der Supraspinatussehne wieder refixiert. Diese Tatsache muss in der anschließenden Rehabilitation berücksichtigt werden, indem der Patient Bewegungen meidet, welche die Naht gefährden. DeOrio et al. [5] konnten zeigen, dass bei 48% an der Rotatorenmanschette revidierten Patienten bei offenem Zugang beim Ersteingriff eine Ablösung des M.deltoides oder eine partielle Akromionektomie vorlag. Verschiedene Studien haben auch gezeigt, dass eine offene Rotatorenmanschettennaht mit mehr postoperativen Schmerzen verbunden ist [10], was wiederum zu längeren Rehabilitationszeiten geführt hat [31]. Rokito et al. [31] beschreiben in ihrem Rehabilitationsprogramm nach offener Supraspinatussehnennaht passive Bewegungsübungen für 6 Wochen. Anschliessend wird mit aktiven Übungen begonnen und die Rotatorenmanschettenmuskulatur mit isometrischen und isotonischen Übungen trainiert. Im Rehabilitationsprogramm nach Severud et al. [37] nach einem mini-open-Zugang (der M.deltoides wird in Faserrichtung gespalten und nicht am Akromion abgelöst) wird die Schulter 6 Wochen in einer Schlinge ruhig gestellt und nur passiv geübt. Ab der 7. postoperativen Woche beginnen aktiv-assistierte Übungen, welche durch aktive abgelöst werden. Severud et al. [37] beschreiben einen «Return to Sports» nach sechs Monaten. In Anbetracht der vielen Faktoren, welche die Rehabilitation beeinflussen, ist es schwierig, ein standardisiertes postoperatives Nachbehandlungsschema zu erstellen. Im Allgemeinen kann man sagen, lieber langsam als zu schnell, wobei die postoperative frozen shoulder (Einstiefung der Schulter) verhindert werden soll.

Aus diesem Grund erhalten in unseren Kliniken alle Patienten mit einer rein arthroskopischen Supraspinatussehnen-Rekonstruktion ein Abduktionskissen mit 45°–60° für die ersten 6 Wochen. Zudem erhalten die Patienten Physiotherapie zur vorsichtigen aktiv-assistierten Mobilisation bis in die Horizontale und zur freien Mobilisation von Ellbogen und Hand. Ab der 7. Woche erfolgt der Übergang vom Abduktionskissen in eine Armschlinge, und die Armbeweglichkeit kann in der geschlossenen Kette freigegeben werden. Ab der 9. Woche wird mit Hypertrophie- und Maximalkrafttraining und ab der 13. Woche mit sportartspezifischen Belastungen begonnen. Mit Joggen können die Patienten nach 2 Monaten, mit Radfahren und Biken nach 3 Monaten beginnen. Mit Spiel- und Kampfsportarten sowie Crawlschwimmen sollte für 6 Monate zugewartet werden.

### Quadriceps- und Patellarsehne

Genauere Inzidenzen der Quadrizepssehnenrupturen und der noch selteneren Patellarsehnenrupturen sind in der Literatur nicht beschrieben. Allerdings lassen sich relative Häufigkeiten im Vergleich mit anderen Läsionen beschreiben [13]. Patellarsehnenrupturen finden sich gehäuft in der Altersgruppe unter 40 Jahre [40], Quadrizepssehnenrupturen in der 6. und 7. Lebensdekade [28, 40]. Männer sind im Verhältnis 4–6:1 häufiger betroffen als Frauen [28]. Einseitige Verletzungen sind 15–20 Mal häufiger als beidseitige Verletzungen [25]. Intra- oder postoperative Rupturen des Streckapparates in der Kniegelenkendoprothetik sind mit ca. 0.1% eine seltene, jedoch gefürchtete Komplikation [7, 29]. Rupturen des Streckapparates am Knie sollten zur Erlangung einer optimalen Funktion operativ versorgt werden [20].

Die Nachbehandlung der Quadrizepssehnennaht sollte funktionell mit einer Teilbelastung und einer Bewegungslimitierung erfolgen. Die Sehnenheilung kann so stimuliert und die Bildung von intraartikulären Adhäsionen vermieden werden [13]. Die früher empfohlene Immobilisation im Gipstutor sollte vermieden werden [34]. Grim et al. [13] empfehlen eine Beugelimitierung auf 30° bis zur Weichteilkonsolidation mit anschliessender kontinuierlicher Steigerung auf 90° innerhalb der ersten sechs postoperativen Wochen. Zudem empfehlen sie eine Teilbelastung von 15–25 kg für 6 Wochen. Eine Orthese mit Flexionslimitierung hilft die durch den Operateur freigegebene Flexion einzuhalten. Ab der 7. postoperativen Woche erfolgt ein stufenweiser Belastungsaufbau, bei welchem etwa ab dem 4. Monat die Durchführung von leichten körperlichen Arbeiten möglich sein sollte [13].

In der Rehabilitation der Patellarsehnennaht kann in der funktionellen Nachbehandlung die Beweglichkeit initial zügig auf 60° gesteigert werden. Eine axiale Vollbelastung in einer Streckschiene ist vertretbar [6]. Von anderen Autoren wird jedoch eine Teilbelastung für 4–6 Wochen empfohlen [23]. Nach 6 Wochen ist der zügige Übergang ohne Bewegungslimitierung möglich [13]. Mit einer suffizienten Sehnenheilung ist nach 6–12 Wochen zu rechnen. Sportliche Belastungen sollten für 6 Monate unterlassen werden [13]. Eine allfällige Drahtcerclage kann nach ca. 12 Wochen entfernt werden.

### Achillessehne

Obwohl Achillessehnenrupturen häufig auftreten [8] findet sich in der Literatur nur wenig zur Inzidenz. Einige skandinavische Studien beschreiben Inzidenzen von ca. 18/100 000. Mit einem Faktor 1.7:1 bis 12:1 treten, je nach Quelle, die Rupturen häufiger bei Männern als bei Frauen auf. Vor allem bei Sportlern wird eine stetige Zunahme der Häufigkeit beschrieben [3]. Postaccini et al. und Cetti et al. [3] konnten zeigen, dass sich bis zu 83% aller Achillessehnen-Rupturen während dem Sport ereignen. Die Achillessehne ist die stärkste und dickste Sehne des Menschen und weist ein ungünstiges Verhältnis von 1:125 zwischen Muskelquerschnitt und Sehnedicke auf (normal 1:50) [24]. Die Kräfte auf die Achillessehne sind immens und betragen beim Gehen ca. das 8–10-Fache des Körpergewichtes [45] und beim Joggen das ca. 12.5-Fache des Körpergewichtes [19]. Um einen Patienten frühfunktionell nachbehandeln zu können, ist es wichtig, eine möglichst hohe Primärstabilität zu erreichen. Sadoghi et al. [33] verglichen die in der Literatur rapportierten Kräfte, welche nötig sind, eine mit unterschiedlichen Operationstechniken vernähte Achillessehne wieder zu zerreissen. Die offene triple bundle Technik erreichte mit 453N die höchsten Werte. Die perkutane Naht erreichte Werte von 214N.

Allgemein akzeptiert ist, dass eine frühfunktionelle Nachbehandlung mit kürzeren Hospitalisationszeiten, tieferen Komplikationsraten und grösserer Patientenzufriedenheit sinnvoll ist [18]. Diese Therapieform wird mit diversen Therapieschuhen als Steuerelement der Belastung, für eine Minimierung von Immobilisationserscheinungen und das Einleiten bestmöglicher Adaptationsprozesse durch Belastungsreize auf die Sehne eingesetzt [35, 39]. Ein Ausbleiben von Belastungsreizen führt im Muskel und in den Sehnen zu einer Atrophie des Gewebes. Eine achtwöchige Immobilisation der Sehne reduziert die maximale Zugfestigkeit um 70% des Ausgangswertes [48].

In der postoperativen Nachbehandlung ähnelt kaum ein Behandlungsdesign dem anderen [18, 35, 41]. In unseren Kliniken erhalten die Patienten postoperativ eine ventrale Unterschenkelgippschiene in Spitzfussstellung nachts und einen Achillessehnenstuhl mit zwei Fersenkeilen und einen Achillessehnenstuhl mit zwei grossen Fersenkeilen für 2 Wochen mit Teilbelastung bis zur abgeschlossenen Wundheilung. Woche 3 und 4 werden dann ein grosser und ein kleiner Keil getragen und ab Woche 5 bis 6 ein grosser Keil. Insgesamt wird der Stabilschuh für 10–12 Wochen getragen. In der Physiotherapie werden parallel dazu von Beginn an vorsichtig und ohne Widerstand der M. soleus und die Gastrocnemiusköpfe



Abbildung 1: laterale Ansicht eines rechten Fusses im Achillessehenschuh mit 3 Keilen, welche zu Demonstrationszwecken benutzt wurden und in der Regel klinisch nicht zur Anwendung kommen.

isoliert und gemeinsam aktiviert. Im hohen Achillessehenschuh wird in den ersten Wochen zur vorsichtigen Vollbelastung übergegangen, sowie mit Koordinations- und Propriozeptionsübungen und mit Kraftausdauertraining begonnen. Nach 12 Wochen beginnen wir in unseren Kliniken mit Maximal- und Hypertrophietraining und absolvieren vorbereitende Übungen für das Joggen. Ab der 16. Woche ist Joggen im Rahmen der Therapie erlaubt und mit Sprungtraining warten wir bis zur 18. Woche. Natürlich sind dies nur Richtwerte, welche an jeden Patienten individuell angepasst werden. In den Sport wird frühestens nach 6 Monaten übergegangen. Zur Objektivierung unserer postoperativen Kontrollen erhält jeder Patient regelmässige Ganganalysen. Die Kraft messen wir präoperativ, in der 27. und der 52. Woche mit einer Cybex-Untersuchung im Biomechanik-Labor.

Die in der Literatur gefundenen Werte für «Return to Sports same level» betragen für die konservativ behandelte Achillessehnenruptur 37–100% mit einem durchschnittlichen Kraftdefizit von 10–40% [15, 44]. Bei der percutanen Naht betragen sie 59–100% und 6–25% [2, 4, 12]. Und bei der offenen Naht sind Werte für «Return to Sports same level» von 90–98% und ein durchschnittliches Kraftdefizit von 2–18% beschrieben [1, 12, 27, 43].

|             | Hilfsmittel                       | Belastung  | Beweglichkeit                                 |
|-------------|-----------------------------------|--|---|
| Wochen 0–6  | Abduktionskissen<br>Tag und Nacht | – Keine  | Passiv-assistiv<br>bis in die<br>Horizontale  |
| Wochen 7–9  | Armschlinge                       | – Beginn mit<br>Krafttraining in<br>der geschlossenen<br>Kette   | Mobilisation<br>bis zur<br>Schmerz-<br>grenze |
| ab Woche 10 | keine                             | – Hypertrophie- und<br>Maximalkraft-<br>training   | frei  |
| nach 3 Mt.  | keine                             | – Aufbau Schnell-<br>kraft<br>– Beginn sport-<br>artspezifische<br>Belastungen und<br>Bewegungsabläufe | frei  |
| nach 6 Mt.  | keine                             | frei «Return to<br>Sports»   | frei  |

Tabelle 1: Nachbehandlung der Supraspinatussehennahrt

|                                 | Hilfsmittel  | Belastung   | Beweglichkeit   |
|---------------------------------|--|---|---|
| Wochen 0–6                      | Achillessehenschuh<br>mit 3 Keilen<br>und ventrale<br>Unterschenkel-<br>schiene nachts | Übergang zur Vollbe-<br>lastung im Schuh in<br>den ersten Wochen,<br>gemäss Schmerzen | <b>keine</b> Dorsal-<br>extension im<br>OSG gegen<br>Widerstand |
| Wochen 7–9                      | wöchentlicher<br>Abbau der<br>Keile und<br>Übergang in<br>den Normal-<br>schuh         | Intensivierung des<br>Koordinations-,<br>Kraft- und Ausdauer-<br>trainings            | keine Dorsal-<br>extension im<br>OSG gegen<br>Widerstand        |
| Wochen<br>10–12                 | Sportschuh mit<br>Einlagen   | Hypertrophietraining  | keine forcierte<br>Dorsalexten-<br>sion                         |
| Wochen<br>13–16<br>(nach 3 Mt.) | Sportschuh   | Hypertrophie- und<br>Maximalkraft-<br>training  | frei  |
| Wochen<br>17–18                 | Sportschuh   | Aufbau Schnellkraft,<br>Beginn mit Jogging  | frei  |
| Wochen<br>19–24                 | Sportschuh   | sportartspezifische<br>Belastungen und<br>Bewegungsabläufe,<br>Sprungtraining         | frei  |
| nach 6 Mt.                      | Sportschuh   | frei «Return to<br>Sports»  | frei  |

Tabelle 2: Nachbehandlung der Achillessehnenruptur

## Schlussfolgerung

Es liegen keine ausreichenden Daten vor, um sportartspezifische zeitliche Empfehlungen zur Wiedererlangung der Sportfähigkeit nach Sehnenrupturen abzugeben, weil zu viele Co-Faktoren die Heilung beeinflussen. Insbesondere wird in der Literatur nicht darauf eingegangen, welche Sportart die Patienten ausüben und auf welchem Leistungsniveau sie ihren spezifischen Sport betreiben. Weitere Studien werden nötig sein, um diese Daten zu erheben.

## Korrespondenzadresse:

Dr. med. Claudio Rosso, Orthopädische Universitätsklinik, Universitätsspital Basel, Spitalstrasse 21, CH-4031 Basel, crosso@uhbs.ch, www.unispital-basel.ch/orthopaedie

## Referenzen:

- 1 Ateschrang A., Gratzner C., Ochs U., Ochs B.G., Weise K. (2007): [Open augmented repair according to Silfverskjold for Achilles tendon rupture: an alternative for athletes?]. *Z. Orthop. Unfall* 145: 207–211.
- 2 Bressel E., McNair P.J. (2001): Biomechanical behavior of the plantar flexor muscle-tendon unit after an Achilles tendon rupture. *Am. J. Sports Med.* 29: 321–326.
- 3 Cetti R., Christensen S.E., Ejsted R., Jensen N.M., Jorgensen U. (1993): Operative versus nonoperative treatment of Achilles tendon rupture. A prospective randomized study and review of the literature. *Am. J. Sports Med.* 21: 791–799.
- 4 Chan A.P., Chan Y.Y., Fong D.T., Wong P.Y., Lam H.Y., Lo C.K., Yung P.S., Fung K.Y., Chan K.M. (2011): Clinical and biomechanical outcome of minimal invasive and open repair of the Achilles tendon. *Sports Med. Arthrosc. Rehabil. Ther Technol.* 3: 32.
- 5 DeOrto J.K., Cofield R.H. (1984): Results of a second attempt at surgical repair of a failed initial rotator-cuff repair. *J. Bone Joint Surg. Am.* 66: 563–567.

- 6 Dietz S.O., Rommens P.M., Hessmann M.H. (2008): [Transosseous repair of patellar tendon ruptures]. *Oper. Orthop. Traumatol.* 20: 55–64.
- 7 Dobbs R.E., Hanssen A.D., Lewallen D.G., Pagnano M.W. (2005): Quadriceps tendon rupture after total knee arthroplasty. Prevalence, complications, and outcomes. *J. Bone Joint Surg. Am.* 87: 37–45.
- 8 Doral M.N., Alam M., Bozkurt M., Turhan E., Atay O.A., Donmez G., Maffulli N. (2010): Functional anatomy of the Achilles tendon. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 18: 638–643.
- 9 Feldmeier C. (1988): Grundlagen der Sporttraumatologie.
- 10 Gartsman G.M., Brinker M.R., Khan M. (1998): Early effectiveness of arthroscopic repair for full-thickness tears of the rotator cuff: an outcome analysis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 80: 33–40.
- 11 Ghodadra N.S., Provencher M.T., Verma N.N., Wilk K.E., Romeo A.A. (2009): Open, mini-open, and all-arthroscopic rotator cuff repair surgery: indications and implications for rehabilitation. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 39: 81–89.
- 12 Goren D., Ayalon M., Nyska M. (2005): Isokinetic strength and endurance after percutaneous and open surgical repair of Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Int.* 26: 286–290.
- 13 Grim C., Lorbach O., Engelhardt M. (2010): [Quadriceps and patellar tendon ruptures]. *Orthopade* 39: 1127–1134.
- 14 Hatakeyama Y., Itoi E., Pradhan R.L., Urayama M., Sato K. (2001): Effect of arm elevation and rotation on the strain in the repaired rotator cuff tendon. A cadaveric study. *Am. J. Sports Med.* 29: 788–794.
- 15 Hufner T.M., Brandes D.B., Thermann H., Richter M., Knobloch K., Krettek C. (2006): Long-term results after functional nonoperative treatment of achilles tendon rupture. *Foot Ankle Int.* 27: 167–171.
- 16 Jakobsen L.P., Knudsen T.B., Bloch T. (2000): [Spontaneous infrapatellar tendon rupture in a patient with systemic lupus erythematosus]. *Ugeskr. Laeger.* 162: 5088–5089.
- 17 Jerosch J., Muller T., Castro W.H. (1991): The incidence of rotator cuff rupture. An anatomic study. *Acta Orthop. Belg.* 57: 124–129.
- 18 Khan R.J., Fick D., Keogh A., Crawford J., Brammar T., Parker M. (2005): Treatment of acute achilles tendon ruptures. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *J. Bone Joint Surg. Am.* 87: 2202–2210.
- 19 Komi P.V. (1990): Relevance of in vivo force measurements to human biomechanics. *J. Biomech.* 23 Suppl. 1: 23–34.
- 20 Konrath G.A., Chen D., Lock T., Goitz H.T., Watson J.T., Moed B.R., D'Ambrosio G. (1998): Outcomes following repair of quadriceps tendon ruptures. *J. Orthop. Trauma.* 12: 273–279.
- 21 Leopardi P., Vico G., Rosa D., Cigala F., Maffulli N. (2006): Reconstruction of a chronic quadriceps tendon tear in a body builder. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 14: 1007–1011.
- 22 Liow R.Y., Tavares S. (1995): Bilateral rupture of the quadriceps tendon associated with anabolic steroids. *Br. J. Sports Med.* 29: 77–79.
- 23 Lobenhoffer P., Thermann H. (2000): [Quadriceps and patellar tendon ruptures]. *Orthopade* 29: 228–234.
- 24 Maffulli N. (1999): Rupture of the Achilles tendon. *J. Bone Joint Surg. Am.* 81: 1019–1036.
- 25 Mittlmeier T., Ewert A. (2001): [Injuries of the knee joint extensor system]. *Unfallchirurg.* 104: 344–356; quiz 356.
- 26 Neubauer T., Wagner M., Potschka T., Riedl M. (2007): Bilateral, simultaneous rupture of the quadriceps tendon: a diagnostic pitfall? Report of three cases and meta-analysis of the literature. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 15: 43–53.
- 27 Pajala A., Kangas J., Siira P., Ohtonen P., Leppilähti J. (2009): Augmented compared with nonaugmented surgical repair of a fresh total Achilles tendon rupture. A prospective randomized study. *J. Bone Joint Surg. Am.* 91: 1092–1100.
- 28 Puranik G.S., Faraj A. (2006): Outcome of quadriceps tendon repair. *Acta Orthop. Belg.* 72: 176–178.
- 29 Rand J.A., Morrey B.F., Bryan R.S. (1989): Patellar tendon rupture after total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 233–238.
- 30 Rodeo S.A., Arnoczky S.P., Torzilli P.A., Hidaka C., Warren R.F. (1993): Tendon-healing in a bone tunnel. A biomechanical and histological study in the dog. *J. Bone Joint Surg. Am.* 75: 1795–1803.
- 31 Rokito A.S., Cuomo F., Gallagher M.A., Zuckerman J.D. (1999): Long-term functional outcome of repair of large and massive chronic tears of the rotator cuff. *J. Bone Joint Surg. Am.* 81: 991–997.
- 32 Rosso C., Valderrabano V. (2010): «Biomechanics of the Achilles Tendon», *Achilles Tendinopathy Current Concepts*, J.D.F. Calder, J. Karlsson, N. Maffulli, H. Thermann, and C. Niek von Dijk, eds, DJO Publications, Guildford, pp 25–34.
- 33 Sadoghi P., Rosso C., Valderrabano V., Leithner A., Vavken P. (2012): Initial Achilles tendon repair strength-synthesized biomechanical data from 196 cadaver repairs. *Int. Orthop.*
- 34 Salter R.B. (1989): The biologic concept of continuous passive motion of synovial joints. The first 18 years of basic research and its clinical application. *Clin. Orthop. Relat. Res.*: 12–25.
- 35 Schafer D., Regazzoni P., Hintermann B. (2002): [Early functional treatment of surgically managed Achilles tendon rupture]. *Unfallchirurg.* 105: 699–702.
- 36 Scutt N., Rolf C.G., Scutt A. (2006): Glucocorticoids inhibit tenocyte proliferation and Tendon progenitor cell recruitment. *J. Orthop. Res.* 24: 173–182.
- 37 Severud E.L., Ruotolo C., Abbott D.D., Nottage W.M. (2003): All-arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: A long-term retrospective outcome comparison. *Arthroscopy* 19: 234–238.
- 38 Shakibaei M., de Souza P., van Sickle D., Stahlmann R. (2001): Biochemical changes in Achilles tendon from juvenile dogs after treatment with ciprofloxacin or feeding a magnesium-deficient diet. *Arch. Toxicol.* 75: 369–374.
- 39 Sharma P., Maffulli N. (2005): The future: rehabilitation, gene therapy, optimization of healing. *Foot Ankle Clin.* 10: 383–397.
- 40 Siwek C.W., Rao J.P. (1981): Ruptures of the extensor mechanism of the knee joint. *J. Bone Joint Surg. Am.* 63: 932–937.
- 41 Thermann H. (1998): [Treatment of rupture of the Achilles tendon]. *Chirurg.* 69: 115–130.
- 42 Tsai W.C., Hsu C.C., Chang H.N., Lin Y.C., Lin M.S., Pang J.H. (2010): Ibuprofen upregulates expressions of matrix metalloproteinase-1, -8, -9, and -13 without affecting expressions of types I and III collagen in tendon cells. *J. Orthop. Res.* 28: 487–491.
- 43 Uchiyama E., Nomura A., Takeda Y., Hiranuma K., Iwaso H. (2007): A modified operation for Achilles tendon ruptures. *Am. J. Sports Med.* 35: 1739–1743.
- 44 Wallace R.G., Traynor I.E., Kernohan W.G., Eames M.H. (2004): Combined conservative and orthotic management of acute ruptures of the Achilles tendon. *J. Bone Joint Surg. Am.* 86-A: 1198–1202.
- 45 Wallenbock E., Lang O., Lugner P. (1995): Stress in the Achilles tendon during a topple-over movement in the ankle joint. *J. Biomech.* 28: 1091–1101.
- 46 Weiler A., Hoffmann R.F., Bail H.J., Rehm O., Sudkamp N.P. (2002): Tendon healing in a bone tunnel. Part II: Histologic analysis after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthroscopy* 18: 124–135.
- 47 Wong M.W., Tang Y.Y., Lee S.K., Fu B.S., Chan B.P., Chan C.K. (2003): Effect of dexamethasone on cultured human tenocytes and its reversibility by platelet-derived growth factor. *J. Bone Joint Surg. Am.* 85-A: 1914–1920.
- 48 Zschabitz A. (2005): [Structure and behavior of tendons and ligaments]. *Orthopade* 34: 516–525.