

Norman Espinosa, Gerardo J. Maquieira, Patrick O. Zingg, Marco Zanetti, Patrick Vienne
Orthopädische Uniklinik Balgrist, Zürich

Die Tibialis anterior-Sehnenruptur

Zusammenfassung

Rupturen der Sehne des Musculus tibialis anterior sind äusserst selten und werden leider allzu oft verpasst. Aufgrund der mangelnden Information in der Literatur sind Therapieschemata kaum ableitbar. Die korrekte klinische Untersuchung führt zur richtigen Diagnose und bestimmt damit massgeblich die Behandlungsformen. Diese umfassen konservative und operative Therapien. Während nur wenige, ausgewählte Fälle konservativ behandelt werden können, ist bei der Mehrheit der Patienten eine operative Reparatur oder Rekonstruktion erforderlich. Die operative Versorgung geht mit geringer Komplikationsrate und hohem Erfolg einher.

Abstract

Ruptures of the tibialis anterior tendon are rare and go often mis- or undiagnosed. Because of the paucity of scientific studies and reports in the literature understanding and recommendations for adequate treatment are still lacking. The correct diagnosis and treatment modality therefore base on an accurate history and clinical examination. Generally speaking there are conservative and surgical treatment strategies to take into consideration when treating this pathological entity. Whereas a minority of patients is suitable for conservative measures the majority of patients, especially those with functionally higher demands, should be treated surgically. The outcomes after surgical treatment are uniformly good-to-excellent combined with a low complication rate.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 55 (1), 15–18, 2007

Einführung

Eine kräftige Dorsiflexion im oberen Sprunggelenk ist durch eine normale Funktion des Musculus (M.) tibialis anterior im Zusammenspiel mit der übrigen Extensoren-Muskulatur gewährleistet [3]. Die stabilisierende, aber auch kontrollierende Wirkung des M. tibialis anterior hinsichtlich Dorsiflexion findet vor allem in der Schwungphase (konzentrische Funktion), bei Fersen-Bodenkontakt (exzentrische Funktion) und früher Standphase des Gangzyklus statt [1]. Neben der Dorsiflexion invertiert der M. tibialis anterior den Fuss und unterstützt das Längsgewölbe des Fusses.

Spontane Rupturen, geschlossene traumatische Zerreissungen, offene Lacerationen oder Verletzungen des zentralen oder peripheren Nervensystems können in einer Dysfunktion des M. tibialis anterior resultieren [6, 7]. In diesem Übersichtsartikel werden nur Dysfunktionen des M. tibialis anterior behandelt, welchen eine Ruptur der Sehne zugrunde liegt.

Anatomie

Der M. tibialis anterior verläuft im anterioren Extensoren-Kompartiment und entspringt von der proximalen Hälfte der anterioren und lateralen Tibia, dem unteren lateralen Tibiakondylus und der Membrana interossea. Er inseriert mit einer kräftigen Sehne (welche im unteren und mittleren Drittel der Tibia beginnt) am medialen und plantaren Anteil des medialen Os cuneiforme und plantarseits an der Basis des ersten Os metatarsale. Innerviert wird er dabei vom Nervus peroneus profundus. Topografisch anatomisch verläuft die Sehne unter dem superioren als auch unter den proximalen und distalen Schenkeln des inferioren Extensoren-Retinakulums [1, 3, 6].

Ätiologien

Rupturen der M. tibialis anterior-Sehne geschehen häufig im Rahmen forciert oder exzessiver Plantarflexion gegen Widerstand. Dabei reisst die Sehne meist 2–3 cm proximal ihrer Insertionsstelle. Bei den Ätiologien der Sehnenruptur sind spontane, traumatische und offene Lacerationen voneinander zu unterscheiden, da hier unterschiedliche Demografien und Mechanismen in Betracht gezogen werden müssen [3, 6, 7].

Spontane Rupturen

Spontane Rupturen der Tibialis anterior-Sehne sind äusserst selten und betreffen meist ältere Männer über 60 Jahre mit geringerem Leistungsanspruch [10]. Histologische Untersuchungen konnten nachweisen, dass die gerissenen Sehnen bereits bestehende degenerative Veränderungen aufwiesen, sodass von einem «acute-on-chronic»-Mechanismus ausgegangen werden muss [11]. Möglicherweise spielt dabei eine Zone geringerer Vaskularität eine entscheidende Rolle [5, 11, 12]. Diese Zone wurde zwischen dem superioren und inferioren Extensoren-Retinakulum identifiziert. Betroffen sind häufig Patienten mit systemischen Erkrankungen (Polyarthrit, Gicht, Diabetes mellitus usw.), solche mit prominenter ventraler Tibia oder Talusexostose oder Patienten, bei denen zuvor eine lokale Injektion mit Kortikosteroiden stattgefunden hat [1–3, 13].

Traumatische Rupturen

Im Vergleich zu den spontanen Rupturen treten traumatische Rupturen der M. tibialis anterior-Sehne in jüngeren Patientenpopulationen mit höherem Leistungsanspruch an den Fuss auf. Auch hier

ist das männliche Geschlecht mit etwa 75% Beteiligung prädominierend [7]. Der Mechanismus, welcher zur Ruptur der Sehne führt, ist eine forcierte nach plantar gerichtete Flexions-/Eversionskraft. Direkte Krafteinwirkung auf die Sehne oder indirekt über eine Tibiafraktur (infolge hoher Proximität der Sehne zum oberen Sprunggelenk) kann die Sehne zerreißen [4]. In manchen Fällen wird die Sehne an ihrem Ansatz ausgerissen, viel häufiger ist jedoch eine Läsion im Bereich zwischen dem superioren und inferioren Extensoren-Retinakulum nachzuweisen.

Offene Lazerationen

Scharfe oder penetrierende Fussverletzungen können zu einer Durchtrennung der M. tibialis anterior-Sehne führen. Die Literatur beschreibt einige Fälle, wo es während der Arbeit, bei Verkehrsunfällen und bei sportlichen Aktivitäten zu solch einer Durchtrennung gekommen ist [6, 7].

Symptome und Untersuchung des Patienten [1, 3]

Das Spektrum der Symptome bei Patienten mit Ruptur der M. tibialis anterior-Sehne ist vielfältig und reicht von geringer Schwäche der Dorsiflexion gegen Widerstand bis hin zum vollständigen Fallfuss.

Inspektorisch kann bei Patienten mit Ruptur der Tibialis anterior-Sehne eine Schwellung im anteromedialen Sprunggelenks- als auch Fussbereich nachgewiesen werden oder die Kontur der Sehne des M. tibialis anterior ist verstrichen. Zudem beschreiben die Patienten ein Schwächegefühl und Nachgeben des Fusses beim Gehen auf unebener Fläche. Manchmal präsentiert sich der Stumpf des retrahierten proximalen Sehnenanteils als ausgeprägtes Weichteilplus im anterioren Abschnitt des oberen Sprunggelenks. Die Schwellung kann eine Palpation der Sehnenlücke maskieren und dabei die klinische Diagnose erschweren. Der Schmerz ist erfahrungsgemäss relativ rasch regredient. Bei der funktionellen Prüfung des M. tibialis anterior muss die Kraft immer im Seitenvergleich geprüft werden. Dabei muss auch die Aktivität der übrigen dorsalexstendierenden Muskeln (Extensor hallucis longus und Extensor digitorum longus) mitberücksichtigt werden. Kann bei der Untersuchung der Dorsiflexion gegen Widerstand eine vermehrte Hyperextension der Grosszehen nachgewiesen werden, so ist dies ein Anhaltspunkt dafür, dass die übrigen Zehenstrecker (EHL und EDL) die kompromittierte Funktion des M. tibialis anterior zu kompensieren versuchen. Patienten mit Ruptur der Sehne des M. tibialis anterior können normalerweise den Fersengang nicht ausführen. Liegt ein kompletter Fallfuss vor, so schlägt sich dies auch in einem Stepper- oder mehr zirkumduktorischen Gang nieder.

Diagnostik

Oftmals genügen Anamnese und klinische Untersuchung zur Stellung der korrekten Diagnose. In gewissen Fällen jedoch ist eine zusätzliche bildgebende Darstellung der M. tibialis anterior-Sehne notwendig. Ein konventionelles Röntgen vermag in seltenen Fällen den Nachweis eines ossären Ausrisses erbringen, kann aber nicht die Weichteilverletzungen korrekt wiedergeben. Die Magnetresonanztomographie ist wegen ihrer detailgetreuen und überlegenen Darstellung der Weichteile die Untersuchung der Wahl. Sie ermöglicht die Untersuchung der Sehnenstärke sowie den Nachweis intratendinöser Degenerationen [8].

Indikationsstellung

Insgesamt ist die operative Versorgung sehr effektiv und nur mit geringen Komplikationen verbunden. Sie sollte wenn möglich bei allen Patienten empfohlen werden, v.a. jungen und aktiven Individuen. Aufgrund des seltenen Vorkommens von Rupturen der Sehne des M. tibialis anterior und mangelnder Daten ist es weiterhin nicht

möglich, eine scharfe Indikationsgrenze zwischen konservativer und operativer Behandlung zu ziehen. Generell darf das Alter alleine bei der Entscheidungsfindung kein massgebendes Kriterium sein, zumal auch viele ältere Patienten immer noch einen hohen Grad an Aktivität beibehalten. Bei der Behandlung besteht die Wahl, das Problem entweder konservativ oder operativ anzugehen. Aus chirurgischer Sicht ist deshalb die Unterscheidung von akuten und chronischen Behandlungsformen zu berücksichtigen und sinnvoll.

Konservative Therapie

Bei chronischem Verlauf oder lange verpassten Rupturen der M. tibialis anterior-Sehne sowie bei älteren Patienten mit vorwiegend sitzender Tätigkeit ist eine konservative Therapie möglicherweise von Vorteil, da diese gute Resultate gezeigt haben [7]. Des Weiteren gehören Patienten mit anderen orthopädischen Problemen, welche eine operative Versorgung kompromittieren, oder solche mit Diabetes und/oder anderen systemischen Erkrankungen (z.B. periphere arterielle Verschlusskrankheit) ebenfalls eher konservativ behandelt [7, 10]. Die Therapie umfasst die Anwendung von Fuss-Sprunggelenksorthesen (AFO), die weiterhin ein gewisses Ausmass an Dorsiflexion erlauben [3]. Ein Problem der konservativen Therapie ist nicht selten die mangelnde Compliance der Patienten, da die Orthesen häufig weggelassen werden. In seltenen Fällen kann es sein, dass sich der Patient an die muskuläre Schwäche gewöhnt hat, diese akzeptiert und damit unter Umständen eine spezifische orthetische Versorgung umgangen werden kann. Auf jeden Fall muss dem Patienten in klaren Worten verständlich gemacht werden, weshalb die Orthese angelegt wird und was das Ziel der Therapie beinhaltet. Die Patienten sollten auch über den Spontanverlauf der Sehnenruptur aufgeklärt werden, welcher nicht selten in einer Knick-Senkfuss-Deformität endet. Um dies zu antizipieren, sind Kontrollen in regelmässigen Abständen notwendig. Während der konservativen Behandlung verklebt der proximale Sehnenstumpf im anterioren Bereich des oberen Sprunggelenks. Dabei kommt es zu einem variablen Verlust der Dorsiflexionskraft und -bewegung. Nichtsdestotrotz kann bei älteren Patienten trotzdem ein normales Gangbild erreicht werden. In einer Studie von Markarian et al. konnte kein signifikanter Unterschied zwischen konservativer und operativer Therapie bei älteren Patienten nachgewiesen werden [7]. Die Autoren schlossen daraus, dass die konservative Therapie in dieser ausgesuchten, die Kriterien erfüllenden Patientenpopulation als wertvolle Alternative in Betracht gezogen werden muss.

Operative Therapie [1, 3, 6]

Es ist von Vorteil, bei der operativen Versorgung entweder von einer akuten oder chronischen Situation auszugehen, da diese unterschiedliche Behandlungsarten nach sich ziehen können.

Im *akuten Fall* (innerhalb von 3 Monaten nach Ruptur) und bei allen jungen, aktiven Patienten ist eine direkte Reparatur der Sehne angezeigt.

Technik: Der Patient liegt in Rückenlage und hat eine Oberschenkel-Blutsperre angelegt. Eine anteriore Inzision wird longitudinal zwischen dem M. tibialis anterior und dem M. extensor hallucis longus (EHL) durchgeführt. Dabei wird der M. tibialis anterior, resp. seine Sehne, bis zur Insertionsstelle am Os cuneiforme aufgesucht und dargestellt. Zum Schutz des neurovaskulären Bündels (A. dorsalis pedis und N. peroneus profundus) wird medialseits des EHL eingegangen. Die Sehnen Scheide des M. tibialis anterior wird vollständig eröffnet. Die Sehnenstümpfe werden exploriert und debridiert. Anschliessend Naht der Sehnenstümpfe in Neutral-Stellung des oberen Sprunggelenks (Bunnell; Kessler- oder Krackow-Naht) mit 1-0 nicht resorbierbarem Faden. Die Sehnennaht wird anschliessend mit einem 4-0 nicht resorbierbaren Faden unter Anwendung von Einzelknopfnähten übernäht. Die Sehnen Scheide wird verschlossen, aber nicht das inferiore Extensoren-Retinakulum, damit potenzielle Verklebungen mit konsekutiver Bewegungseinschränkung vermieden werden können.

Postoperative Behandlung: Es wird ein gespaltener Unterschenkelgips für 6 Wochen angelegt und der Fuss in neutraler Stellung fixiert. Die ersten 3 Wochen darf keine Belastung erfolgen. Ab der 4. postoperativen Woche beginnt die Teilbelastung von 15 kg, die sukzessive bis zur 6. postoperativen Woche auf eine Vollbelastung gesteigert wird. Eine gezielte Physiotherapie startet ab der 6. bis 8. postoperativen Woche und beinhaltet passiv und aktiv assistierte Übungen zur Steigerung der OSG-Beweglichkeit. Kraftübungen sind ab der 8. Woche postoperativ erlaubt. Sportaktivitäten sind erst 3 Monate postoperativ wieder aufzunehmen.

Im *chronischen Fall* (mehr als 3 Monate) bieten sich verschiedene Möglichkeiten an. Bei noch erhaltenen suffizienten Sehnenstümpfen ist eine direkte End-zu-End-Naht in oben beschriebener Art möglich. Ansonsten können Sehnentransfers zur Rekonstruktion benutzt werden. Diese werden entweder mittels Verwendung der Sehne des M. tibialis anterior (Sliding-Graft) oder EHL ausgeführt. In seltenen Fällen (v.a. bei Diabetikern oder Polyarthritikern) reisst die Sehne direkt an der Insertionsstelle aus. Bei guter Sehnenqualität ist eine Re-Insertion durch entsprechende Ankersysteme im Os naviculare möglich.

Sehnentransfers werden häufig im Rahmen von verpassten Sehnenrupturen genutzt. Aufgrund der Therapieverzögerungen haben sich die Stumpfen so weit voneinander entfernt, dass keine primäre Naht mehr möglich ist. Der proximale Stumpf retrahiert und verklebt mit den anterioren Weichteilen auf Höhe des oberen Sprunggelenkes. Der sogenannte Sliding-Graft kann Lücken von maximal 2–3 Zentimetern überbrücken, ansonsten muss auf den EHL-Transfer zurückgegriffen werden.

Technik des Sliding-Grafts: Der Patient ist in Rückenlage mit einer ipsilateral angelegten Oberschenkel-Blutsperre. Die longitudinale Inzision erfolgt ventralseits des oberen Sprunggelenkes zwischen dem M. tibialis anterior und dem EHL. Dabei wird die Inzision weit über das proximale Extensoren-Retinakulum ausgedehnt. Das antero-inferiore Extensoren-Retinakulum wird gespalten und die Sehne des M. tibialis anterior dargestellt. Die Hälfte der Sehne des M. tibialis anterior wird im proximalen Anteil entnommen, nach distal transferiert und mittels Bunnell- oder Kessler-Naht am distalen Stumpf des M. tibialis anterior fixiert. Die Sehnen Scheide wird verschlossen, aber nicht das inferiore Extensoren-Retinakulum, da sonst Verklebungen auftreten.

Technik des EHL-Transfers: Die Darstellung der Sehnen wird wie oben bei der Sliding-Graft-Technik vorgenommen. Die distale EHL-Dissektion erfolgt nahe dem 1. metatarso-phalangealen Gelenk. Die zu überbrückende Lücke wird gemessen. Dann wird der proximale Stumpf der Sehne des M. tibialis anterior am EHL tenodesiert. Der distale Stumpf des EHL wird am Extensor hallucis brevis festgemacht. Sollte diese Länge des EHL nicht ausreichen, muss er gänzlich abgelöst und mittels separatem Bohrkanaal im Os cuneiforme mediale verankert werden. Zusätzlich ist eine interphalangeale Arthrodese der Grosszehe nötig.

Postoperative Behandlung: Es wird ein gespaltener Unterschenkelgips für 6 Wochen angelegt und der Fuss in neutraler Stellung fixiert. Die ersten 3 Wochen darf keine Belastung erfolgen. Ab der 4. postoperativen Woche beginnt die Teilbelastung mit 15 kg, welche sukzessive bis zur 6. postoperativen Woche auf Vollbelastung gesteigert wird. Eine gezielte Physiotherapie startet ab der 9. postoperativen Woche und wird bis zur 12. Woche postoperativ weitergeführt. Diese schliesst passiv und aktiv assistierte Übungen zur Steigerung der OSG-Beweglichkeit wie auch Kraftübungen der Unterschenkelmuskulatur ein. Sportaktivitäten sind erst 4 Monate postoperativ wieder aufzunehmen.

Resultate

Evidenzbasierte Behandlungsempfehlungen können aufgrund der mehr als nur spärlichen Datenlage in der gegenwärtigen Literatur nicht abgegeben werden. Es gibt zahlreiche Fallberichte und nur wenige retrospektive Studien, die Sehnenrupturen des M. tibialis anterior untersuchen respektive beschreiben. Mankey berichtete von generell guten Resultaten nach Rekonstruktion der Sehne.

Morris et al. untersuchten den Einfluss der operativen Intervention hinsichtlich Krafterhalt des M. tibialis anterior und fanden heraus, dass eine residuelle Schwäche vorhanden war, wenn sie mit der gesunden Seite verglichen wurde [9]. Dies hatte auf das Gesamtergebnis jedoch keinerlei Auswirkungen. Erst kürzlich wurden in einer Studie von Markarian et al. 16 Patienten mit Ruptur des Tibialis anterior untersucht [7]. Die eine Hälfte war operiert und die andere konservativ behandelt worden. Nach einem durchschnittlichen Follow-up von 7 Jahren für die operativ versorgte Gruppe und 4 Jahren für die konservativ therapierte Gruppe zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Behandlungsformen. Da alle älteren Patienten konservativ und die jungen Patienten ohne Ausnahme operativ behandelt wurden, lässt sich aufgrund dieser Tatsache der fehlende Unterschied zwischen den Endresultaten erklären. Ältere Patienten präsentierten sich mit funktionellen Defiziten, die im Rahmen eines niedrigen Leistungsanspruchs für diese Gruppe nicht ins Gewicht fielen, für jüngere, aktive und leistungsorientierte Patienten jedoch inakzeptabel wären. Aus diesem Grund wurde von den Autoren postuliert, dass Patienten mit Anspruch auf Leistung wenn immer möglich operiert werden sollten.

Konservative Massnahmen sind bei älteren, weniger aktiven Patienten oder solchen mit extrem niedrigem Leistungsanspruch durchaus gewinnbringend.

Komplikationen bei der operativen Therapie

Die Erfolgsrate bei chirurgischer Versorgung von Sehnenrupturen des M. tibialis anterior ist uniform gut, wie Markarian et al. nachweisen konnten. Nur etwa 5% der Patienten zeigten ein ungenügendes oder schlechtes Resultat [7]. Trotzdem bestehen Komplikationsmöglichkeiten, auf die hier kurz eingegangen werden.

Infektion

Die Infektionsrate ist enorm gering und bei heutigem Standard minimiert infolge präoperativer und perioperativer Applikation von Cephalosporinen der 3. Generation.

Schwäche, Steifigkeit und Bewegungseinschränkung

Dies sind wahrscheinlich die am häufigsten festgestellten Probleme nach operativer Rekonstruktion der M. tibialis anterior-Sehne. Die Diagnose kann mit Leichtigkeit bei der klinischen Untersuchung gestellt werden. Im Grunde stellt dies nicht zwingend ein ernsthafteres Problem für den Patienten dar. Ein Verlust der aktiven und passiven Beweglichkeit muss unter solchen Umständen physiotherapeutisch angegangen werden.

«Bowstringing»

Wahrscheinlich gibt es im deutschen Sprachgebrauch keinen treffenderen Ausdruck dafür als im Englischen. Häufig liegt dieser Effekt vor, wenn die Sehne nicht anatomisch repariert wurde (z.B. im Rahmen einer direkten Naht). Um diese Komplikation zu vermeiden, ist es notwendig, die Reparatur der Sehne zwischen Retinakulum und Tibia auszuführen. Damit ist eine Führung der Sehne garantiert.

Versagen der Rekonstruktion

Es besteht immer ein Risiko, dass die Rekonstruktion oder Reparatur der Sehne versagen kann. Trotzdem ist bisher eine solche Komplikation in der Literatur nicht beschrieben worden.

Neurombildung

Wird bei der Darstellung der Sehne des M. tibialis anterior ein Hautast des Nervus peroneus superficialis verletzt, kann es zu einer symptomatischen Neurombildung kommen, welche ihrerseits

das Gesamtergebnis nachteilig beeinflusst. Aus diesem Grund sind alle Nervenäste wenn immer möglich zu schonen [6].

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Norman Espinosa, Fuss-Team, Orthopädische Uniklinik Balgrist, Forchstrasse 340, 8008 Zürich,
Tel. 044 386 12 82, E-Mail: norman.espinosa@balgrist.ch

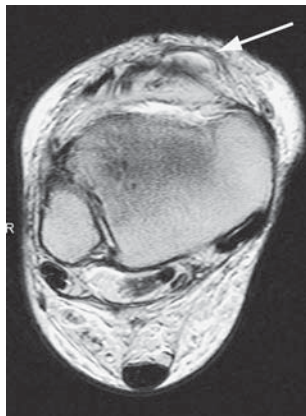
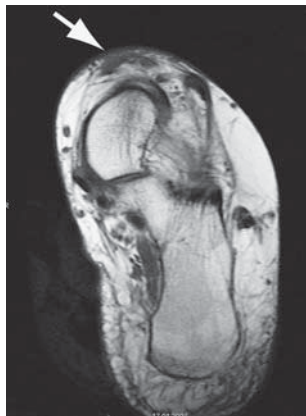


Abbildung 1a-c: Auf den Magnetresonanz-Abbildungen ist eine komplette Ruptur der Tibialis anterior-Sehne in verschiedenen Ebenen abgebildet (Pfeile). Man erkennt das Ausmass der Ruptur sowie den Grad der Retraktion.

Literaturverzeichnis

- 1 Armagan O., Shereff M. (2000): Tendon Injury and Repair. In: Disorders of the Foot and Ankle, M. Myerson (ed.), Saunders, Philadelphia, PA, 942–971.
- 2 Aydingoz U., Aydingoz O. (2002): Spontaneous rupture of the tibialis anterior tendon in a patient with psoriasis. Clin. Imaging 26(3): 209–211.
- 3 Coughlin M., Schon L. (2007): Disorders of the Tendon. In: Surgery of the Foot and Ankle, M. Coughlin, R. Mann, C. Saltzman (eds.), Mosby-Elsevier, Philadelphia, PA, 1149–1277.
- 4 Din R., Therkilnsden L. (1999): Rupture of tibialis anterior associated with a closed midshaft tibial fracture. J. Accid. Emerg. Med. 16(6): 459.
- 5 Geppert M.J., Sobel M., Hannafin J.A. (1993): Microvasculature of the tibialis anterior tendon. Foot Ankle, 14(5): 261–264.
- 6 Leopold S., Brage M. (1999): Tibialis Anterior Tendon Rupture and Peroneal Tendon Subluxation and Dislocation. In: Operative Treatment of the Foot and Ankle, A. Kelikian (ed.), Appleton & Lange, Stamford, CN, 233–254.
- 7 Markarian G.G., Kelikian A.S., Brage M., Trainor T., Dias L. (1998): Anterior tibialis tendon ruptures: an outcome analysis of operative versus nonoperative treatment. Foot Ankle Int. 19(12): 792–802.
- 8 Mengiardi B., Pfirrmann C.W., Vienne P., Kundert H.P., Rippstein P.F., Zollinger H., Hodler J., Zanetti M. (2005): Anterior tibial tendon abnormalities: MR imaging findings. Radiology 235(3): 977–984.
- 9 Morris G., O'Malley M., Deland J., Todd Cage P., Sherry Backus M. (2001): Anterior Tibial Tendon Ruptures: Results of Surgical Treatment. In: American Orthopaedic Foot and Ankle Society 2001 Winter Meeting /AAOS Specialty Day. Edited, San Francisco, CA.
- 10 Ouzounian T.J., Anderson R. (1995): Anterior tibial tendon rupture. Foot Ankle Int., 16(7): 406–410.
- 11 Petersen W., Hohmann G., Stein V., Tillmann B. (2002): The blood supply of the posterior tibial tendon. J. Bone Joint Surg. 84B(1): 141–144.
- 12 Petersen W., Stein V., Tillmann B. (1999): Blood supply of the tibialis anterior tendon. Arch. Orthop. Trauma Surg. 119(7–8): 371–375.
- 13 Velan G.J., Hendel D. (1997): Degenerative tear of the tibialis anterior tendon after corticosteroid injection – augmentation with the extensor hallucis longus tendon, case report. Acta Orthop. Scand. 68(3): 308–309.