

Konservative Therapie von Tendinopathien der Achillessehne in der Sportmedizin



Conservative Therapy of Achilles Tendinopathy in Sports Medicine

Roman Gaehwiler¹, Lukas Weisskopf¹ und Anja Hirschmüller^{1,2}

¹ALTIUS Swiss Sportmed Center AG, Rheinfelden

²Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Freiburg, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Deutschland

Zusammenfassung: Aufgrund ihrer zentralen Bedeutung in der Kraftübertragung repräsentiert die Achillessehne in der Sportmedizin eine Prädispositionsstelle akuter sowie degenerativer Verletzungen. Speziell Laufsportarten sind von entsprechenden Pathologien betroffen. Konsekutiv sind eine sportartspezifische Diagnostik sowie Therapieplanung elementar, um eine individualisierte Rehabilitation garantieren zu können. Diesbezüglich gilt es jedoch einige anatomische, diagnostische und therapeutische Besonderheiten der Achillessehne zu beachten. Therapeutisch stehen dabei «in» sowie «out of season» entsprechende Physio- und Stosswellentherapieoptionen im Zentrum. Supportiv können im Einzelfall diverse peritendinöse Infiltrationstechniken evaluiert werden. In diesem Review liegt der Fokus auf der konservativen Therapie von Insertions- und «Midportion»-Tendinopathien der Achillessehne. Auf die nicht-operativen Optionen der Achillessehnenruptur wird ebenfalls eingegangen. Dieser konzise Überblick soll den klinisch tätigen Sportmediziner mit dem relevanten Basiswissen ausstatten.

Schlüsselwörter: Sportmedizin, Achillessehne, Tendinopathie, konservative Therapie

Abstract: Due to its key role in power transmission, the Achilles tendon is a common site of acute and overuse injuries in running athletes. Therefore, a sports physician needs to know some anatomic, diagnostic and therapeutic key points to be able to establish an individualized therapy approach. With regard to the «in» and «out of season» period, there is a primary focus on physio- and shock-wave therapy. Additionally, peritendinous infiltration might be re-evaluated in individual cases. In this review we focus on «midportion» and «insertional» tendinopathy. Nevertheless, conservative treatment of Achilles tendon ruptures will be discussed as well. This concise overview should provide the sports physician with basic knowledge of these common pathologies.

Keywords: Sports medicine, Achilles tendon, tendinopathy, conservative therapy

Résumé: Le tendon d'Achille est un élément central de la transmission de puissance pendant la course, ce qui explique pourquoi il y a souvent des blessures aiguës et dégénératives. En conséquence, un médecin du sport doit connaître les facteurs essentiels en ce qui concerne l'anatomie, le diagnostic et la thérapie; ceci pour établir un traitement individuel. Il faut distinguer la phase de l'atteinte avant de définir combien de physiothérapie ou de thérapie par ondes de choc sera nécessaire. Dans les cas réfractaires au traitement on peut discuter les infiltrations. Ce texte est une compilation concise pour le médecin du sport qui a besoin d'une approche pratique de la prise en charge et des ruptures du tendon d'Achille.

Mots-clés: Médecine du sport, tendon d'Achille, tendinopathie, traitement conservateur

Epidemiologie

Als stärkste und grösste Sehne im menschlichen Körper fungiert die Achillessehne bei jedem Schritt als zentrales Element der Kraftübertragung. Entsprechend repräsentiert sie speziell im Sport eine Prädispositionsstelle für Verletzungen und Überlastungsschäden. Beträgt die kumu-

lative Inzidenz von Achillessehnenpathologien in der Allgemeinbevölkerung rund 6%, beziffert sich diese im Laufsport bereits auf 30–50% [1]. Dabei können grund-

Im Artikel verwendete Abkürzungen

HVI High-Volume Injection
PRP Platelet-Rich Plasma

sätzlich drei Entitäten unterschieden werden (Abb. 1). In 55–65% der Fälle findet sich eine «Midportion»-Tendinopathie, die sich typischerweise als kolbenförmige Verdickung rund 2–8 cm proximal des kalkanearen Ansatzes der Achillessehne palpieren lässt. Ebendort wiederum manifestieren sich 20–25% der Achillessehnenenerkrankungen im Sinne einer Insertionstendinopathie [1]. Schliesslich widerspiegeln komplette Rupturen der Achillessehne noch rund 10–15% der Sport-assoziierten Achillessehnenpathologien [1]. Dabei ist gerade in einem Kollektiv von ambitionierten Breiten- oder Spitzensportlern die Entscheidung zur konservativen Therapie der Achillessehnenrisse kritisch zu betrachten. Entsprechend soll im Rahmen dieses Mini-Reviews nicht abschliessend auf diese spezifische Entität der Achillessehnenpathologien eingegangen werden.

Stattdessen soll dem Leser/der Leserin ein konziser und praxisnaher Überblick in Bezug auf den Einsatz diagnostischer und therapeutischer Massnahmen bei Insertions- und «Midportion»-Tendinopathien vermittelt werden.

Diagnostische Herausforderungen

«Spezialfall» Achillessehne

Die Achillessehne beherbergt einige anatomische und funktionelle Besonderheiten, die es sowohl im Rahmen der Diagnostik, als auch in der Therapieplanung zu berücksichtigen gilt. Anatomisch repräsentiert die Achillessehne die tendinöse Vereinigung zweier Muskelgruppen – M. soleus sowie M. gastrocnemius. Die funktionelle Beteiligung an der Plantarflexion des Fusses variiert jedoch signifikant, wobei der M. soleus mit knapp 40% eine dominierende Rolle übernimmt (33% M. gastrocnemius, 27% weitere Plantarflexoren wie M. flexor digitorum/hallucis longus) [2]. Eine weitere Besonderheit ist die Verwindung der Sehne bis zu 90° in ihrem Verlauf bis zum kalkanearen Ansatz. Diese «Spiralisation» befähigt die Achillessehne zur Toleranz biomechanischer Zugbelastungen von bis zu kalkulierten 18kN (1800 kg) [2]. Letztendlich ist zu beachten, dass die Achillessehne weder eine eigentliche Sehnenscheide noch eine

nutritive Vaskularisation besitzt. Entsprechend muss die Sehnernährung über Diffusionsprozesse des Paratenons gewährleistet werden [3]. Konsekutiv handelt es sich dabei um ein überaus bradytrophes Gewebe, dessen optimale Regeneration entsprechend Zeit in Anspruch nimmt. Zudem hat die Tatsache, dass es sich um nutritive Diffusionsprozesse handelt, eine relevante Konsequenz im Hinblick auf die Applikationsart allfälliger Injektionstherapien.

Ätiologie und Pathomechanismen

Mit dem Fokus auf die «Midportion»- und Insertionstendinopathie lässt sich festhalten, dass sich Ätiologie und Pathomechanismus häufig überlappen. Initial ist es eine mechanische Fehlbelastung (z.B. insuffiziente Rückfussstabilisierung), die einen intratendinösen Friktionsstress auslöst und sekundär zu Mikroläsionen mit Ödembildung führt. Letztere induzieren eine lokale Hypoxie, die wiederum eine Reduktion metabolischer Regenerationsprozesse triggert. Konsekutiv kann es, ausgelöst durch den Hypoxie-induzierten «vascular epithelial growth factor» (VEGF), zur Einsprossung nicht-funktionaler Blutgefässe in die Sehne kommen. Diese Neovaskularisation wird jeweils von einer Neurolisation begleitet. Die Sezernierung von Substanz P («pain substance») an den freien Nervenendigungen kann wiederum in einer schmerzhaften Tendinopathie resultieren [4]. Diese Erkenntnis ist insofern klinisch relevant, als dass davon ausgegangen werden muss, dass die tendinotische Schmerzsymptomatik nicht Prostaglandin-induziert zu sein scheint. Entsprechend haben nicht-steroidale Antirheumatika, im Sinne einer antiphlogistischen Symptomtherapie, nach Ablauf der Akutphase nur noch eine beschränkte Bedeutung.

Wichtiger als die medikamentöse Therapie sind jedoch die Identifikation und Elimination des mechanischen Stressors sowie allfälliger Tendinopathie-begünstigender Zustände. Diesbezüglich gliedert Tabelle 1 ätiologische Schwerpunkte nach intrinsischen und extrinsischen Faktoren.

So sind Insertionstendinopathien häufig Konsequenz eines Untergrund- oder Schuhwechsels bei jungen Athleten. Im Gegensatz dazu implizieren «Midportion»-Tendinopathien

Tabelle 1. Ätiologische Aspekte der Achilles-Tendinopathie (modifiziert nach GOTS-Expertenmeeting 2016) [5]

<i>Extrinsisch</i>	Überlastung (Training/Wettkampf) <ul style="list-style-type: none"> • Laufkilometer >6000, Lauferfahrung >10 Jahre, Trainingsumfang >60 km/Woche Trainingsmodifikationen, Schuhwahl, Sportuntergrund Frühere Verletzungen (v.a. Soleus-Verletzungen) St. n. Medikamenteneinnahme: <ul style="list-style-type: none"> • Chinolon-Antibiotika • Kortison (lokal/systemisch) • Statine
<i>Intrinsisch</i>	Männliches Geschlecht, Alter (!) Verkürzung der Ischiocruralmuskulatur Stoffwechselerkrankungen (Diabetes mellitus, Hyperlipidämie, Hyperurikämie) Rheuma-/Autoimmunerkrankungen Übergewicht (BMI >25 kg/m ²) Fussstellung (Hyperpronation/Rückfussvarus)

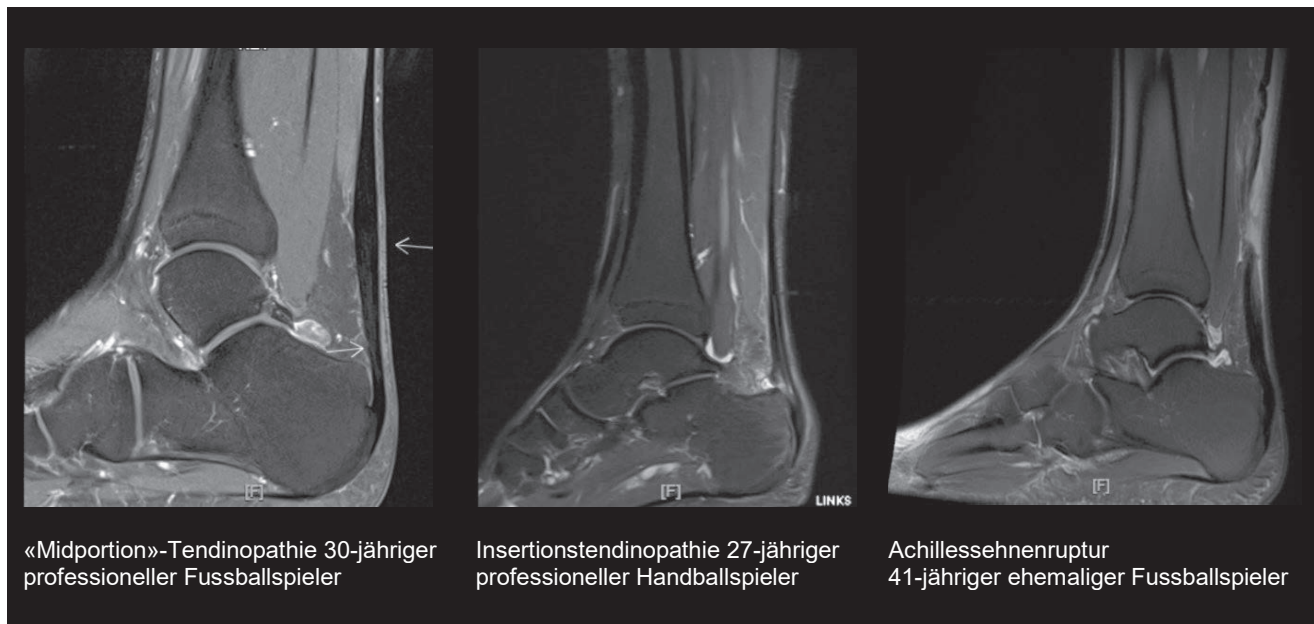


Abbildung 1. «Midportion»- und Insertionstendinopathie sowie Achillessehnenruptur. © ALTIUS Swiss Sportmed Center AG.

einen degenerativen Prozess, dem eine andauernde (Fehl-)Belastungshistorie vorangeht. Einer Achillessehnenruptur liegt hingegen häufig eine Kombination aus degenerativer Gewebeläsion sowie akutem mechanischem Stress zugrunde. Hierbei repräsentieren der unerwartete «Tritt ins Loch», die forcierte Dorsalextension (Landung aus Sprung) oder das Abstossen des belasteten Fusses aus dem extendierten Knie noch immer die häufigsten Verletzungsmechanismen [6].

Wenig überraschend steht am Ursprung einer korrekten Diagnose- und Therapieindikationsstellung eine detaillierte klinische Untersuchung. Dabei empfiehlt es sich, sowohl extrinsische wie intrinsische Faktoren explizit anamnestisch zu erörtern und klinisch zu untersuchen. Fusspathologien wie ein Hallux rigidus oder Pes planovalgus können, in Anbetracht der funktionellen Kette, ebenso eine Tendinopathie der Achillessehne begünstigen, wie eine verkürzte Ischiokruralmuskulatur oder eine Hüftproblematik. Die Wahl der radiologischen Diagnostik (konventionelles Röntgen, Sonografie, MRI) obliegt dabei primär dem Ermessen des behandelnden Arztes. Allerdings mag es ratsam sein, eine konventionelle radiologische Bildgebung zu forcieren. Denn, sowohl die Wahl der Therapiestrategie (konservativ versus operativ), als auch deren Prognose kann dadurch entscheidend beeinflusst werden. Entsprechend scheint die konservative Therapie bei Vorhandensein von intratendinösen Verkalkungen/Ossifikationen (z.B. ausgeprägten Haglund-Exostosen) in bis zu 45,5% nicht erfolgsversprechend zu sein [7]. Ergeben sich klinische oder sonografische Hinweise auf eine höhergradige Partiaalläsion, empfiehlt sich die Durchführung einer MR-tomografischen Bilanzierung. Insofern ist bei Partiaalläsionen, die 30% des Sehnenquerschnittes überschreiten, ein operativer Therapieansatz ernsthaft zu prüfen. Speziell im leistungssportlichen Setting sollten die Therapieoptionen unter obengenannten Aspekten genau evaluiert und mit der Wettkampfplanung harmonisiert werden.

Wahl des Therapieansatzes – «Midportion»- und Insertionstendinopathien

Nach erfolgter Diagnosesicherung ist die Wahl des korrekten Therapieansatzes entscheidend. Elementar ist dabei die Tatsache, dass Tenozyten im Rahmen der Rehabilitation zwingend kontrollierten Zugbelastungen ausgesetzt werden müssen. Hierunter kommt es zu einer optimalen Stimulation von Kollagensynthese (Kollagen I und III) und Wachstumsfaktoren (TGF- β 1, IGF-1) [8]. Eine Physio-/Bewegungstherapie soll individuell differenziert auf die sportartspezifische Belastung und die Entität der Pathologie eingehen können. Neben der Identifikation und Elimination der Tendinopathie-Ursache (z.B. Schuhwechsel bei Pes planovalgus) steht primär die Trainings- und Stosswellentherapie im Zentrum.

Physiotherapie

Im Hinblick auf die Methodik und Dosierung des Trainings hat man sich teilweise an der Rehabilitation der Patellarsehnenpathologien orientiert. Sinnvollerweise steht dabei für Rio et al. die Identifikation der antizipierten sportlichen Belastung im Vordergrund. So wird «in season» ein Symptom-fokussiertes isometrisches Krafttraining (5 Wiederholungen zu 45 Sekunden, jeweils 3× täglich) favorisiert. Ausserhalb der Saison («out of season») wiederum empfiehlt sich die Kraft-orientierte Variante mit exzentrischem Training der Wadenmuskulatur (Abb. 2; drei Serien zu 10–15 Wiederholungen, jeweils 2× täglich) [9].

Im Hinblick auf die Trainingstherapie ist zudem auf eine klare Differenzierung von «Midportion»-Tendinopa-



Abbildung 2. Exzentrisches Training zur Therapie der «Midportion»-Tendinopathie. (© ALTIUS Swiss Sportmed Center AG).

thie und insertionsnahen Pathologien zu achten. Dies aufgrund der Tatsache, dass Insertionstendinopathien exzentrisch nicht über eine Dorsalextension von 0° belastet werden sollten. Praktisch würde dies bedeuten, dass exzentrisches Training der Wadenmuskulatur aus dem Zehenstand maximal «bodeneben» durchgeführt werden dürfte. Andernfalls komprimiert der posteriore Processus des Kalkaneus die ohnehin schon irritierte distale Achillessehnenregion. Bei «Midportion»-Tendinopathien entfällt diese Einschränkung.

Stosswellentherapie

Neben der Physiotherapie repräsentiert die Stosswellentherapie (fokussiert oder radial) den zweiten Grundpfeiler der konservativen Achillessehnen-therapie (Abb. 3). In Bezug auf die «Midportion»-Tendinopathie ist jedoch darauf hinzuweisen, dass exzentrisches Krafttraining in Kombination mit Stosswellentherapie einer Monotherapie deutlich überlegen ist [10]. Hingegen fungieren auch hier intratendinöse Verkalkungen als limitierende Faktoren, die die Effektivität einer Stosswellentherapie in Bezug auf die Schmerzsymptomatik um rund 50 % reduzieren können [11].



Abbildung 3. Fokussierte Stosswellentherapie als unterstützende Therapieoption zur exzentrischen Trainingstherapie. (© ALTIUS Swiss Sportmed Center AG).

Training der Neuroplastizität und kortikalen Kontrolle

Tendinopathien der Patellarsehnen modulieren die Abbildung des Bewegungsablaufs im motorischen Kortex. Entsprechend kann es dabei (afferent) zu einer kortikalen Inhibition kommen, die wiederum (efferent) die Kraftentwicklung der Muskulatur sowie deren motorische Kontrolle negativ beeinflussen kann. Isometrisches Training kann diese kortikale Inhibition reduzieren, wobei der Effekt unter Hinzunahme eines externen akustischen Taktgebers (z.B. Metronom) optimiert werden kann [12]. Insofern kommt diese Art neuroplastischen Trainings, sowohl bei Patienten mit Patellar-, als auch bei denjenigen mit Achillessehnenpathologien zur Anwendung.

Injektionstherapie

Zeigt sich unter etablierter konservativer Therapie ein therapierefraktärer Verlauf, kann supportiv eine Injektionsbehandlung evaluiert werden. Diesbezüglich stehen dem behandelnden Arzt zahlreiche Optionen zu Verfügung.

Platelet-Rich Plasma (PRP)

Im Sinne der Orthobiologie kann das thrombozytenreiche Plasma-Zentrifugat des Eigenblutes (sog. Platelet-Rich Plasma, PRP) peritendinös appliziert werden (Abb. 4). Damit kann das Gewebe-spezifische Erythrozyten-Thrombozyten-Verhältnis im Sinne einer lokal 4–6-fach erhöhten Thrombozytenkonzentration beeinflusst werden [13]. Dabei sezernieren thrombozytäre α -Granula pro-inflammatorische Substanzen und Wachstumsfaktoren, die in einer chronifizierten Schmerzsituation (z.B. «Midportion»-Tendinopa-

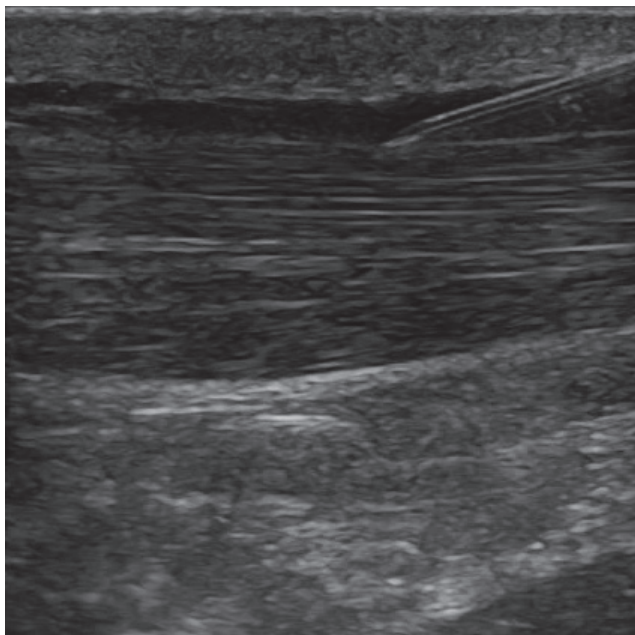


Abbildung 4. Sonografie-gesteuerte peritendinöse Infiltrationstechnik.

thie) lokale Regenerationsprozesse nochmals forcieren sollen [14]. Es gilt jedoch festzuhalten, dass die klinische Aussagekraft von entsprechenden systematischen Reviews oder Metaanalysen bezüglich ihrer statistischen «Power» oft noch limitiert sind. In Bezug auf die Effektivität von PRP-Injektionen bei symptomatischen Tendinopathien zeigte die Metaanalyse von Miller et al., dass Patienten mit Epikondylitis humeri hiervon wohl am meisten profitieren [15]. Im Rahmen einer randomisierten kontrollierten Studie (Level I) konnten Boesen et al. auch unterstreichen, dass PRP-Injektionen in Kombination mit exzentrischem Training effektiver sind als exzentrisches Training alleine. Dies bezieht sich primär auf die subjektive Schmerzreduktion bei Patienten mit chronischer «Midportion»-Tendinopathie [16].

Hochvolumen-Injektion (High-Volume Injection, HVI), Sklerosierungstherapie

Duplex-sonografisch lassen sich gelegentlich intratendinöse Neovaskularisationen (Abb. 5) objektivieren, die durch die parallele Einsprossung von perivaskulären Nervenfasern ebenfalls relevant zur Schmerzsymptomatik beitragen können. Hierbei empfehlen sich einerseits hochvolumige (ca. 40 ml) peritendinöse Injektionen von Natriumchloridlösung (NaCl), die zur Destruktion der nicht-funktionellen Blutgefäße und den damit assoziierten Nervenfasern führen. Diese Variante scheint der Applikation von PRP, was die Reduktion der Schmerzsymptomatik betrifft, gar kurzfristig überlegen zu sein [16]. Alternativ steht dem geübten Sonografen auch die Option einer Gefäß-Sklerosierung mittels Ultraschall-gesteuerter intravasaler Applikation von Polidocanol (5–10 mg/l) zur Verfügung [17]. Diese Methode kann bei akuten Schmerzexazerbationen im Rahmen bekannter Neovaskularisationen angewendet werden, wobei eine schnelle Schmerzlinderung angestrebt wird. Mittel- bis langfristig ist der schmerzlindernde Effekt jedoch limitiert.

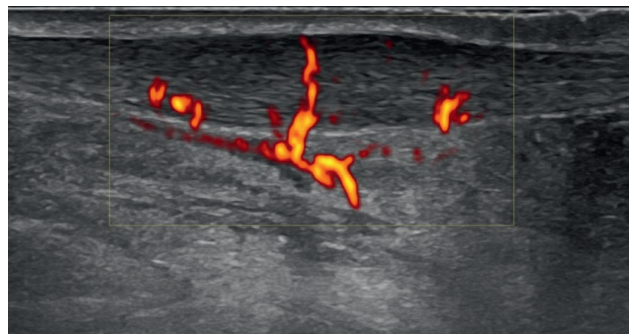


Abbildung 5. Duplex-sonografische Darstellung von Neovaskularisationen der Achillessehne. (© Prof. A. Hirschmüller, ALTIUS Swiss Sportmed Center AG).

Hyaluronsäure

Zur Mobilisation von schmerzhaft verklebten Gleitschichten im Bereich des Paratenons eignet sich wiederum die lokale, streng peritendinöse Injektion von Hyaluronsäure [18]. Die darin enthaltenen Glycosaminoglycane binden Wassermoleküle und bilden somit einen flüssigen Film, welcher den Gleitwiderstand benachbarter Bindegewebsschichten reduziert.

Wahl des Therapieansatzes – Achillessehnenruptur

Im Zuge der klinischen Diagnostik ist zu beachten, dass rund 20–25% der Achillessehnenrupturen aufgrund dezenter Schmerzsymptomatik, nicht palpabler Kontinuitätsunterbrechung oder lediglich partiell reduzierter Plantarflexion (z.B. durch Restfunktion des M. soleus) verpasst werden [1]. Sollten sich die klinischen Befunde nicht konklusiv zeigen, empfiehlt sich daher die Evaluation einer weiterführenden apparativen Diagnostik (Sonografie, MRT).

Grundsätzlich ist bei einer kompletten Achillessehnenruptur eine konservative Therapie möglich, sofern die Dehiszenz der Sehnenstümpfe in 20° Plantarflexion nicht mehr als 5 mm beträgt. Zudem muss innerhalb der ersten 48 Stunden nach Trauma eine Ruhigstellung in 20° Plantarflexion erfolgt sein [19]. Das therapeutische Grundprinzip fokussiert primär auf die frühfunktionelle Behandlung mit explizitem Augenmerk auf die Wiederherstellung der Ursprungslänge. Letztere ist im Hinblick auf die Wiedererlangung des prätraumatischen Leistungsniveaus elementar und entsprechend «die Achillesferse» der konservativen Therapie. Somit ist die konservative Therapie bei jungen Hochleistungssportlern (<40 Jahre) sowie Patienten mit degenerativer Achillessehnenruptur oder Re-Ruptur nicht angezeigt [19]. Die praktische Erfahrung der Autoren zeigt auch, dass bereits das Initialmanagement (z.B. Ruhigstellung in 20° Plantarflexion innerhalb 48 h) suboptimal durchgeführt wird, was wiederum in einer vergrößerten Dehiszenz der Sehnenstümpfe resultiert und entsprechend im Verlauf auch die Prognose einer konservativen Therapie

signifikant kompromittiert. Eine Metaanalyse von Khan et al. fasst die Grundproblematik der konservativen Therapie von Achillessehnenrupturen konzis zusammen. In einem Kollektiv von 800 Patienten zeigte die konservative Option eine deutlich niedrigere Komplikationsrate gegen-

über der operativen Rekonstruktion (3 vs. 31%). Dies jedoch auf Kosten einer signifikant erhöhten Re-Rupturrate in der konservativ behandelten Kohorte (13 vs. 4%) [20]. Folglich rückt in einem Kollektiv von Spitzensportlern oft die operative Sanierung in den Fokus.

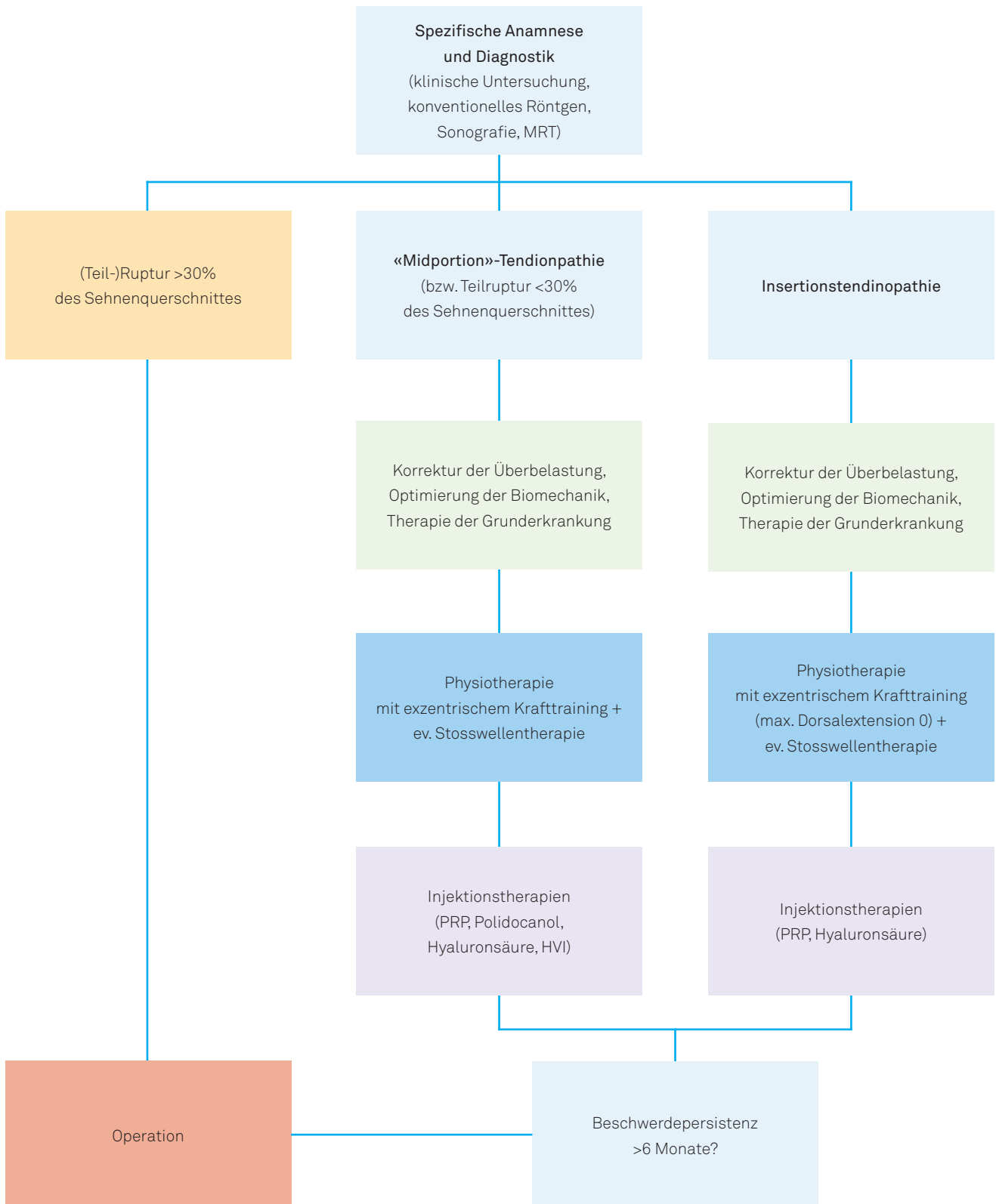


Abbildung 6. Abklärungs-Algorithmus Tendinopathie der Achillessehne.

Key messages

- Eine optimale und individualisierte Therapie von Tendinopathien der Achillessehne erfordert eine sportartspezifische Anamnese und Diagnostik.
- Grundpfeiler der konservativen Therapie ist die Saison-spezifische Applikation von isometrischem/exzentrischem Krafttraining sowie eine supportive Stosswellentherapie.
- Injektionstherapien sollen individuell evaluiert werden. Dabei stehen Eigenblut, High-Volume Injections (NaCl), Hyaluronsäure oder auch Polidocanol zu Verfügung.

Lernfragen

1. Nennen Sie drei anatomische Besonderheiten der Achillessehne.
2. Beschreiben Sie den Unterschied in Bezug auf das exzentrische Training einer Insertionstendinopathie im Vergleich zur «Midportion»-Tendinopathie.
3. Welche Injektionstherapien eignen sich zur Behandlung der «Midportion»-Tendinopathie?

Konklusion und Implementierung in ein Therapieschema

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die prognostische Wertigkeit einer detaillierten und differenzierten klinischen und radiologischen Diagnostik bei Tendinopathien der Achillessehne nicht zu unterschätzen ist. Grundpfeiler der konservativen Therapie repräsentieren isometrische/exzentrische Kräftigungsübungen sowie die Stosswellentherapie. Aufgrund der limitierenden Trophik der Achillessehne muss die konservative Therapie bis zu sechs Monate mehrmals täglich durchgeführt werden. Dabei ist sowohl klinisch als auch therapeutisch zwischen Insertions- und «Midportion»-Tendinopathien zu differenzieren. Supportiv steht eine Palette von Infiltrationstherapien zur Auswahl, deren Sinnhaftigkeit jedoch stets individuell evaluiert werden sollte (Abb. 6).

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass systemische und lokale Kortisonapplikationen zur Therapie von Tendinopathien der Achillessehne aufgrund ihrer katabolen Wirkung auf das Sehngewebe definitiv obsolet sind.

Bibliografie

1. Plass C, LW: Die Sehne – Leitfaden zur Behandlung von Sehnenpathologien. Berlin; de Gruyter: 2017.
2. Doral MN, Alam M, Bozkurt M, Turhan E, Atay OA, Dönmez G, et al.: Functional anatomy of the Achilles tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18: 638–643.
3. Graf J, Schneider U, Niethard FU: [Microcirculation of the Achilles tendon and significance of the paratenon. A study with the plastination method]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1990; 22: 163–166.

4. Alfredson H, Thorsen K, Lorentzon R: In situ microdialysis in tendon tissue: high levels of glutamate, but not prostaglandin E2 in chronic Achilles tendon pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7: 378–381.
5. Engelhardt M, Mauch F: Muskel- und Sehnenverletzungen: GOTS-Expertenmeeting (Burg/Spreewald 26.05. - 29.05.2016); Vopelius: 2017.
6. ARNER O, LINDHOLM A, LINDVALL N: Roentgen changes in subcutaneous rupture of the Achilles tendon. *Acta Chir Scand* 1959; 116: 496–500.
7. Howell MA, Catanzariti AR: Flexor hallucis longus tendon transfer for calcific insertional Achilles tendinopathy. *Clin Podiatr Med Surg* 2016; 33: 113–123.
8. Heinemeier KM, Kjaer M: In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2011; 11: 115–123.
9. Rio E, Kidgell D, Purdam C, et al.: Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med* 2015; 49: 1277–1283.
10. Mani-Babu S, Morrissey D, Waugh C, Screen H, Barton C: The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy in lower limb tendinopathy: a systematic review. *Am J Sports Med* 2015; 43: 752–761.
11. Wiegerinck JJ, Kerkhoffs GM, van Sterkenburg MN, Siersevelt IN, van Dijk CN: Treatment for insertional Achilles tendinopathy: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21: 1345–1355.
12. Rio E, Kidgell D, Moseley GL, et al.: Tendon neuroplastic training: changing the way we think about tendon rehabilitation: a narrative review. *Br J Sports Med* 2016; 50: 209–215.
13. Rayegani SM, Raeissadat SA, Taheri MS, et al.: Does intra-articular platelet rich plasma injection improve function, pain and quality of life in patients with osteoarthritis of the knee? A randomized clinical trial. *Orthop Rev (Pavia)* 2014; 6: 5405.
14. Taylor DW, Petrera M, Hendry M, Theodoropoulos JS: A systematic review of the use of platelet-rich plasma in sports medicine as a new treatment for tendon and ligament injuries. *Clin J Sport Med* 2011; 21: 344–352.
15. Miller LE, Parrish WR, Roides B, Bhattacharyya S: Efficacy of platelet-rich plasma injections for symptomatic tendinopathy: systematic review and meta-analysis of randomised injection-controlled trials. *BMJ Open Sport Exerc Med* 2017; 3: e000237.
16. Boesen AP, Hansen R, Boesen MI, Malliaras P, Langberg H: Effect of high-volume injection, platelet-rich plasma, and sham treatment in chronic midportion Achilles tendinopathy: A randomized double-blinded prospective study. *Am J Sports Med* 2017; 45: 2034–2043.
17. Ebbesen BH, Mølgaard CM, Olesen JL, Gregersen HE, Simonsen O: No beneficial effect of Polidocanol treatment in Achilles tendinopathy: a randomised controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018; 26: 2038–2044.
18. Lynen N, De Vroey T, Spiegel I, Van Ongeval F, Hendrickx NJ, Stassijns G: Comparison of peritendinous hyaluronan injections versus extracorporeal shock wave therapy in the treatment of painful achilles' tendinopathy: A randomized clinical efficacy and safety study. *Arch Phys Med Rehabil* 2017; 98: 64–71.
19. Ecker TM, Bremer AK, Krause FG, Müller T, Weber M: Prospective use of a standardized nonoperative early weightbearing protocol for Achilles tendon rupture: 17 years of experience. *Am J Sports Med* 2016; 44: 1004–1010.
20. Khan RJ, Fick D, Keogh A, Crawford J, Brammar T, Parker M: Treatment of acute Achilles tendon ruptures. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 87: 2202–2210.

Historie

Manuskript eingereicht: 15.04.2019

Manuskript akzeptiert: 06.05.2019

Interessenskonflikt

Die Autoren erklären, dass keine Interessenskonflikte bestehen.

Dr. med. Roman Gähwiler
Habich-Dietschy-Strasse 5a
4310 Rheinfelden/AG

r.r.gaehwiler@bluwin.ch

Antworten zu den Lernfragen:
1. Funktionelle Muskelbetätigung, Spiralisation, Ernährung via Diffusion.
2. Keine Dorsalextension >0°
3. HVI, PRR, Hyaluronsäure, KEIN Kortison.