

University of Groningen

Konservative Therapie von Sehnenverletzungen

Hotfiel, Thilo; Bily, Walter; Bloch, Wilhelm; Gokeler, Alli; Kriffter, Rolf Michael; Mayer, Frank; Weisskopf, Lukas; Engelhardt, Martin

Published in:
Sports Orthopaedics and Traumatology

DOI:
[10.1016/j.orthtr.2017.07.003](https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2017.07.003)

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
2017

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Hotfiel, T., Bily, W., Bloch, W., Gokeler, A., Kriffter, R. M., Mayer, F., Weisskopf, L., & Engelhardt, M. (2017). Konservative Therapie von Sehnenverletzungen. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 33(3), 258-269. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2017.07.003>

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



Zusammenfassung

Die erfolgreiche Therapie von Sehnenverletzungen stellt eine große Herausforderung in der Sportorthopädie dar. Als Behandlungsziel gilt es, eine langfristige erfolgreiche Therapie und eine zeitnahe Reintegration des Athleten in den Trainings- und Wettkampfbetrieb zu gewährleisten. In der Literatur finden sich nur wenige Arbeiten, die die unterschiedlichen Therapieverfahren hinsichtlich ihrer therapeutischen Effektivität beurteilen und hieraus praxisrelevante Behandlungsempfehlungen erarbeiten.

Im Fokus des GOTS Expertenmeetings 2016 stand das Themengebiet der Muskel- und Sehnenverletzungen. Das Expertenkomitee umfasste 22 Mitglieder, von denen neun der Arbeitsgruppe „Konservative Therapie von Sehnenverletzungen“ angehörten. Die erarbeiteten Behandlungsempfehlungen wurden dem gesamten Expertenrat vorgestellt und nach Begutachtung überarbeitet.

Das Expertenkomitee erlangte Konsens über die konservative Therapie von Sehnenverletzungen. Die Adressierung von potentiell auslösenden Risikofaktoren und eine Lastoptimierung der Sehne, die u.a. eine gezielte Trainingstherapie beinhaltet, stellen relevante Therapiebausteine dar. Ein breites Spektrum weiterer Therapieverfahren steht potentiell zur Verfügung, deren Anwendung in Abhängigkeit der Lokalisation, des Schweregrades und zeitlichen Verlaufs der vorliegenden Verletzung individuell geprüft werden sollte.

Die vorliegende Arbeit liefert einen strukturierten Überblick über die Anwendung der potentiell zur Verfügung stehenden Therapieverfahren anhand der vorliegenden evidenzbasierten Datenlage, den empirisch erfolgreich angewandten Verfahren in der Praxis und den Erkenntnissen der Grundlagenforschung.

Schlüsselwörter

Tendinopathie – Sportverletzungen – Achillessehne – Patellarsehne – Exzentrisches Training

REVIEW / SPECIAL ISSUE

Konservative Therapie von Sehnenverletzungen[☆]

Thilo Hotfiel^a, Walter Bily^b, Wilhelm Bloch^c, Alli Gokeler^d, Rolf Michael Kriffter^e, Frank Mayer^f, Lukas Weisskopf^g, Martin Engelhardt^h

^aOrthopädische Universitätsklinik der, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

^bInstitut für Physikalische Medizin und Rehabilitation, Wilhelminenspital, Wien

^cDeutsche Sporthochschule, Institut Kreislaufforschung und Sportmedizin, Köln

^dUniversity Groningen, Niederlande

^eOrthofocus Kompetenzteam Orthopädie, Salzburg

^fZentrum für Sportmedizin, Freizeit-, Gesundheits- und Leistungssport, Universität Potsdam

^gALTIUS Swiss Sportmed Center AG, Rheinfelden, Schweiz

^hKlinik für Orthopädie, Unfall- u. Handchirurgie, Klinikum Osnabrück

Online verfügbar seit/Available online: 28.07.2017

Die Therapie von Sehnenverletzungen stellt hohe Anforderungen an die beteiligten Behandler und setzt eine interdisziplinäre Zusammenarbeit voraus. Die im Vergleich zum Muskelgewebe per se geminderte endogene Heilungskapazität, die häufige Präsenz von bereits degenerativen Veränderungen und die oftmals multifaktorielle Kausalität bedingen eine sorgfältige Auswahl und Strukturierung der Therapieverfahren (Abb. 1). In der Regel können die meisten Tendinopathien konservativ therapiert werden, allerdings kann am Beispiel der Achillessehnen-Mid-Portion-Tendinopathie in nahezu 25% der Fälle, der Umstieg auf ein operatives Therapieverfahren notwendig werden [74].

Adressierung von Risikofaktoren

Die Adressierung der in der ausführlichen Anamnese und klinischen Untersuchung erarbeiteten Risikofaktoren sollte neben der symptomatischen Behandlung frühzeitig in das Behandlungskonzept integriert werden (Tab. 1, Abb. 3). In der Literatur finden sich einige evidenzbasierte Arbeiten, die die Bedeutung von Risikofaktoren hinsichtlich des Auftretens von Sehnenverletzungen darlegen (siehe Abschnitt Epidemiologie). Bezüglich des therapeutischen Einflusses untenstehender Faktoren auf bereits bestehende Tendinopathien fehlt eine evidenzbasierte Datenlage.

Symptomatische Akuttherapie

In Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufes einer Tendinopathie reagiert ein betroffenes Sehngewebe unterschiedlich auf symptomatische Maßnahmen. Hierbei ist ein chronisches Beschwerdebild von einer akuten, oder akut auf chronische

[☆] Dieser Artikel ist veröffentlicht im GOTS-Expertenmeetingsheft Muskel- und Sehnenverletzungen, hrsg. von M. Engelhardt und F. Mauch, Verlags Comptoir Rolle, Jena 2017. Der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung der GOTS und Bernd Rolle.

T. Hotfiel et al.

Nonoperative Treatment of Tendon Injuries

Abstract

The treatment of tendon injuries in general presents one of the most relevant challenges in sports medicine, and there is high demand to ensure a long-term successful treatment and short time loss of the sport. However, there are only a few contributions providing guidance and recommendations for the nonoperative treatment of tendon injuries.

The 2016 GOTS Expert Meeting, initiated by the German-Austrian-Swiss Society for Orthopaedic Traumatologic Sports Medicine (GOTS), focused on the topic of muscle and tendon injuries. The committee was composed of twenty-two medical specialists. Nine of them were delegated to a subcommittee focusing on the nonoperative treatment of tendon injuries. The recommendations and statements that were developed were reviewed by the entire consensus committee and voted on by the members.

The committee reached a consensus on the utility and efficacy of the management of tendon injuries. Addressing precipitating risk factors and the concept of load management including well designed training programs are one of the most relevant steps in the treatment of tendinopathies. A wide variety of additional therapeutic approaches can be considered individually based on the underlying localisation, the grade of injury and the healing phase.

The present work provides a structured overview on the diverse conservative treatment strategies of tendon injuries and evaluates their efficacy with respect to the existing scientific evidence and clinical expertise in the context of basic science on the healing process of tendon injuries.

Keywords

Tendinopathy – Sports Injuries – Achilles tendon – Patella tendon – Eccentric training

Beschwerdemanifestation zu differenzieren. Bei Vorliegen von bereits chronifizierten Beschwerdebildern führen allgemeine lastreduzierende Verhaltensänderungen nur bedingt zu einer Befundverbesserung. Akute Tendinopathien können hingegen im Akutstadium oftmals durch einfache Verhaltensmaßnahmen adressiert werden:

- Belastungsmodifikation und Lastreduzierung: Verzicht auf intensive und die Beschwerdesymptomatik auslösende Trainingsformen, Umstellung der Trainingsplanung
- Aufnahme von Alternativsportarten
- Anwendung von lokal antiphlogistischen Maßnahmen (Kühlen, Hochlagern)
- Die Indikation zur vollständigen Ruhigstellung sollte bei Vorliegen von Tendinopathien kritisch gesehen werden, da mit diesem Vorgehen nur eingeschränkt regeneratoische Effekte zu erzielen sind. Immobilisierte Sehnen zeigen neben verschlechterten mechanischen Eigenschaften [19] einen reduzierten Wasser- und Proteoglykangehalt als auch eine verminderte Integrität der Querverbindungen in der Kollagenstruktur [62].

Auf eine komplette Ruhigstellung und Immobilisation sollte bei Vorliegen von Tendinopathien verzichtet werden.

Trainingstherapie

Sofern im Verlauf des Behandlungsalgorithmus eine primäre Befundverbesserung durch lastreduzierende Maßnahmen erreicht werden konnte, können trainingstherapeutische Schritte eingeleitet werden. Man erhofft sich zum einen die Induktion von adaptiven Umbauvorgängen der Sehnenstruktur, weiterhin kann ein

Kräftigungstraining in moderater Ausführungsweise auch auf symptomatischer Ebene zu einer deutlichen Schmerzreduktion führen [68]. Daher bietet es sich an, bei Vorliegen von chronischen oder subakuten Beschwerden bereits mit moderaten Kräftigungsübungen als symptomatische Therapie zu beginnen.

Generell stellt das Kräftigungstraining als gezielte Lasteinwirkung auf die Sehne ein bedeutsames Therapieverfahren in der Behandlung von Tendinopathien dar. Als Kräftigungstraining können verschiedenste Belastungsformen (exzentrisch, konzentrisch, isometrisch, isotonisch) durchgeführt werden. Als Therapieziel gilt es, durch gezielte Lasteinwirkungen reaktive und adaptive Umbauvorgänge zu induzieren, die letztlich zu einer Wiedererlangung der Belastungsfähigkeit der Sehne beitragen. Sofern eine akute reaktive Tendinopathie aufgrund einer vorausgegangenen Überbelastung vorliegt, sollte erst nach abgeklungener Akutsymptomatik schrittweise mit dem Training begonnen werden (siehe oben). Das exzentrische Training hat sich in einer Vielzahl von Studien als therapeutischer „Goldstandard“ in der konservativen Behandlung der Achilles- und Patellasehnen-tendinopathie etabliert [4,23,27,36]. Mehrere randomisiert-kontrollierte Studien und Metaanalysen konnten therapeutisch überlegene kurz- und langfristige Effekte aufzeigen [27,35,55,56,58]. Die langsame und mit hoher Last durchgeführte exzentrische Arbeitsweise ist nicht nur mit symptomatischen, schmerzlindernden Effekten verbunden, sondern zeigt auch auf histopathologischer Ebene positive Auswirkungen. So konnten durch exzentrisches Training ein gesteigerter Kollagenumsatz, eine veränderte Kollagenanordnung und eine Zunahme von Glycosaminoglykanen aufgezeigt werden. Bis heute konnte jedoch nicht

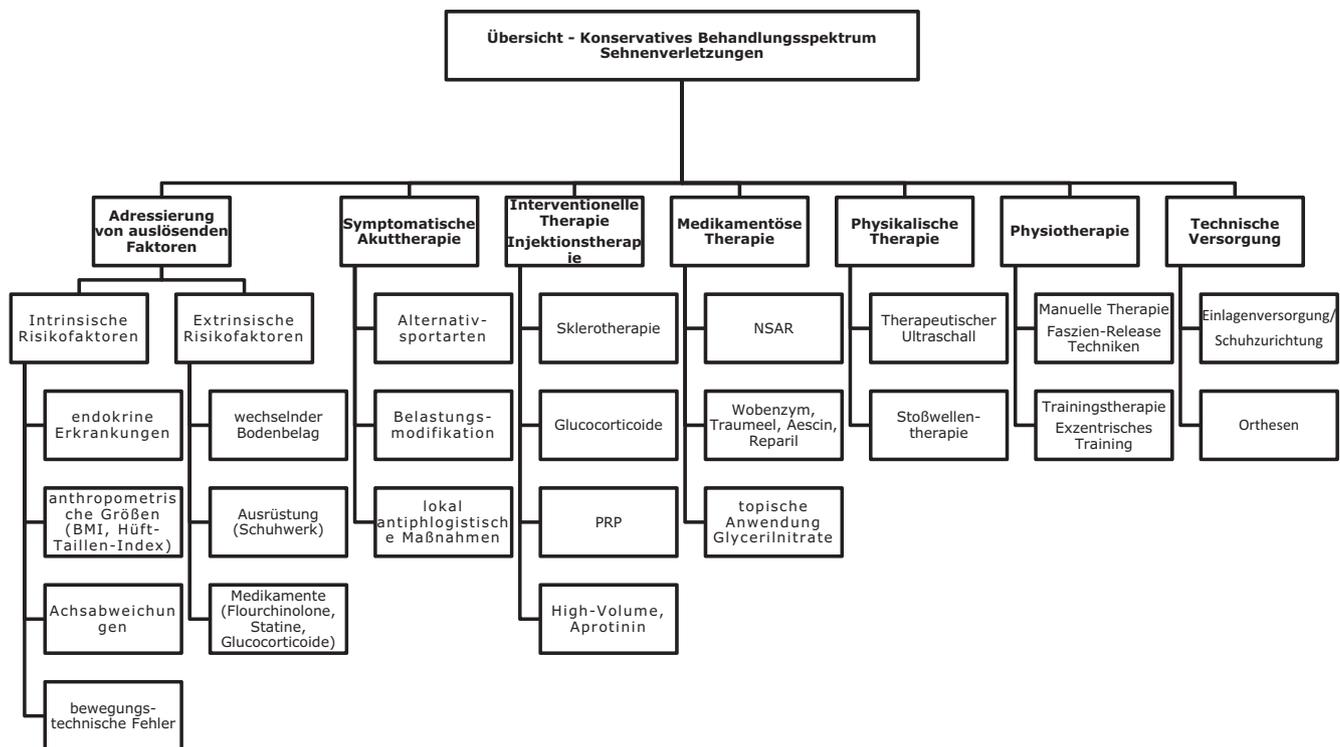


Abbildung 1
Übersicht über das konservative Behandlungsspektrum von Sehnenverletzungen.

geklärt werden, ab welchem Zeitpunkt nach Beginn der Durchführung der Trainingstherapie Umbauprozesse beginnen und welche Veränderungen auf histopathologischer Ebene sich bei dauerhafter Durchführung der exzentrischen Trainingstherapie zeigen. In der Regel sollte eine Trainingsdauer von 12 Wochen nicht unterschritten werden. In letzter Zeit haben sich einige Trainingsprotokolle etabliert, die neben exzentrischen auch isometrische und konzentrische Belastungen und Trainingsformen des Slow Resistance Trainings (SRT) beinhalten [8,20,43,54,59]. Die Ergebnisse dieser Kombinationsanwendungen zeigen gute klinische Ergebnisse, sodass die reine, isolierte Durchführung von exzentrischen Übungen zunehmend in Frage gestellt wird [43]. Neben den guten klinischen Ergebnissen, die durch Kombinationsanwendungen der Trai-

ningsformen erreicht werden, sehen einige Autoren die Vorteile in der niedrigeren Sehnenlast der konzentrischen Trainingsbelastung zu Beginn des Trainings und in einer einfacheren Durchführung [27]. Letztlich zeigen viele in der Literatur beschriebene 12-Wochen-Protokolle ein positives therapeutisches Outcome. In einer systematischen Übersichtsarbeit, die die therapeutische Effektivität der vorliegenden Protokolle bei Achillessehnentendinopathien gegenüberstellte, konnte kein therapeutisch führendes Trainingsprogramm herausgestellt werden [27,43]. Anzumerken ist, dass die Wirksamkeit der exzentrischen Trainingstherapie bei Insertionstendinopathien differenziert betrachtet werden muss und die Ergebnisse im Vergleich zur Mid-Portion-Tendinopathie schlechter ausfallen [23,53]. Die Ursache der unterschiedlichen

therapeutischen Effektivität könnte durch eine gesteigerte Sehnenkompression erklärt werden, die bei einer forcierten Dorsalextension im Bereich der calcanearen Insertion auftritt [15]. Daher sollte bei Vorliegen einer Insertionstendinopathie die exzentrische Belastung nicht über die Neutral-Null-Position in die Extension ausgeführt werden (Abb. 2). Die exzentrische Trainingstherapie zeigt auch bei Vorliegen von Rotatorenmanschettentendinopathien und der Epicondylopathien positive Effekte [12,29,63,66], allerdings gilt es hier, weitere hochqualitative Studien abzuwarten, um evidenzbasierte Empfehlungen abgeben zu können.

Die Trainingstherapie als Form der gezielten Lasteinwirkung auf die Sehnenstruktur stellt ein bewährtes und erfolgreiches konservatives Therapieverfahren



Abbildung 2

Konzentrisches Kräftigungstraining des M. gastrocnemius bei Vorliegen einer Insertionstendinopathie der Achillessehne. Aufgrund zunehmender mechanischer Kompression der calcanearen Insertion bei Bewegungen in die Extensionsrichtung wird die Übung zwischen Neutralstellung und endgradiger Flexion durchgeführt.

der Achilles- und Patellasehnen-tendinopathie dar. Neben dem exzentrischen Belastungstraining zeigen ebenso das isometrische, konzentrische und Heavy Slow Resistance-Training gute klinische Ergebnisse. Die verschiedenen Trainingsformen sind in Abhängigkeit vom Stadium der Tendinopathie (akut, subakut, chronisch, akut auf chronisch), der Belastungsfähigkeit, des Schmerzniveaus und der technischen Ausführung anzupassen.

Medikamentöse Therapie

NSAIDs

Die Wirkstoffgruppe der **nicht-steroidalen Antiphlogistika (NSAIDs)**

findet bei Vorliegen von Sehnenverletzungen häufig Anwendung. Die, je nach Wirkstoffspezifität einhergehende Hemmung der Cyclooxygenase I und/oder II führt u.a. zu einer Synthesereduktion schmerz- und entzündungsrelevanter Prostaglandine. Der fehlende Nachweis von Prostaglandinen in von einer Tendinopathie betroffenen Sehngewebe und die fehlende klinische Wirksamkeit hat den Gebrauch von NSAIDs bei Tendinopathien in Frage gestellt [2]. Eine systematische Übersichtsarbeit konnte schlussfolgern, dass die Anwendung von NSAIDs lediglich dem Akutstadium von Sehnenverletzungen vorbehalten sein sollte [7]. Aus Sicht vieler Autoren sind die kurzfristig zu erzielenden therapeutischen Effekte vor allem auf analgetische Wirkmechanismen zurückzu-

führen. Von einer langfristigen Einnahme profitieren Patienten mit Tendinopathien jedoch nicht [7,57]. Ein dauerhafter Gebrauch sollte auch aufgrund von gastrointestinalen Nebenwirkungen und renalen Perfusionsstörungen vermieden werden [71]. Weiterhin bleibt anzumerken, dass bei Verletzungen des Sehnen-Knochen-Überganges (Enthesiopathien) die Indikation zur Einnahme von NSAIDs sorgfältig geprüft werden sollte, da diese negativen Auswirkungen auf den angrenzenden Knochenstoffwechsel zugesprochen werden. Neben der häufigen Anwendung von NSAIDs wird zur Behandlung von Tendinopathien eine Vielzahl weiterer Wirkstoffe beschrieben. Die Anwendung von Phytotherapeutika (z.B. Bromelain, Trypsin, Aescin, Arnica, Traumeel) kann je nach Präparat oral oder topisch erfolgen. Eine evidenzbasierte Studienlage zum Nachweis einer therapeutischen Wirksamkeit liegt nicht vor.

NSAIDs können im Akutstadium einer Tendinopathie kurzfristig eingesetzt werden.

Glycerolnitrate, Stickstoffmonoxid (NO)

NO wird eine bedeutsame Rolle innerhalb des Sehnenstoffwechsels zugesprochen. Eine Überexpression von NO wurde in von einer Tendinopathie betroffenen Sehngeweben nachgewiesen [47]. Auch führte eine Blockade der NO-Aktivität in tierexperimentellen Studien zu einer verminderten Sehnenheilung [47]. NO soll zur Steigerung der Fibroblastenproliferation, Kollagensynthese und -organisation beitragen, jedoch sind die genauen Signalwege und die pharmakokinetischen Wirkmechanismen noch nicht geklärt [9]. Die vorliegenden Studien liefern zum

Teil widersprüchliche Ergebnisse: Eine randomisierte, doppelblinde und placebo-kontrollierte Studie konnte bei der Mid-Portion-Achillessehnentendinopathie keine positiven therapeutischen Effekte zeigen [33]. Die Arbeitsgruppe von Paoloni et al. wies dagegen eine Wirksamkeit von NO bei der Epicondylitis humeri [49], der Supraspinatussehnen- [51] und der Achillessehnentendinopathie [50] nach. Eine Meta-Analyse von Gambito et al. ergab eine starke Evidenz für die Schmerzreduktion durch die transdermale Anwendung von NO in Alltagssituationen [25]. Letztlich gilt es, die Resultate zukünftiger Studien abzuwarten, um konkrete Anwendungsempfehlungen auszusprechen. Weiterhin muss angemerkt werden, dass es sich bei der transdermalen Anwendung um eine Off-label-Therapie handelt und die begleitende systemische Wirkung zu unerwünschten Arzneimittelwirkungen wie Blutdruckabfall und Kopfschmerzen führen kann.

Interventionelle Therapieverfahren

Infiltrationstherapie.

Die peri-/intradendinöse und intrabursale Infiltration einer betroffenen Sehnenpartie wird in der klinischen Praxis häufig durchgeführt. Hierbei steht ein breites Spektrum an Wirkstoffen zur Verfügung. Die Indikation zur Infiltrationstherapie sollte unabhängig von verwendetem Wirkstoff und Lokalisation stets streng gestellt werden. Im Folgenden werden die am häufigsten verwendeten Wirkstoffgruppen näher beschrieben.

Glucocorticoide gehören zu den am häufigsten injizierten Wirkstoffgruppen. Durch eine indirekte Aktivierung von ligandenaktivierten Transkriptionsfaktoren greifen Glucocorticoide in diverse immunologi-

sche Prozesse ein. So wirken sie allgemein immunsuppressiv, antiphlogistisch, antiinflammatorisch und antiödematös. Im Bereich der Sehnenstrukturen werden ihnen antiproliferative (reduzierte Tenozytenaktivität), antiangiogenetische, antifibrotische und analgetische Eigenschaften zugesprochen [61]. Insbesondere die antifibrotischen Eigenschaften sind mit einer geminderten Kollagen I Synthese der Tenozyten und einer reduzierten Proliferation von Tenoblasten verbunden. Die zur Verfügung stehenden Präparate zeichnen sich durch eine unterschiedliche Zusammensetzung aus (kristalline, lipidlösliche Präparate) und unterscheiden sich dadurch in ihrer Wirksamkeit und Verfügbarkeit [37]. Anzumerken ist, dass die Applikation von kristalloiden Präparaten selbst zu entzündlichen Begleitreaktionen und durch die lange Verfügbarkeit zu langanhaltenden katabolen Prozessen im Sehnenewebe führen kann.

Entgegen der häufigen klinischen Anwendung zeigt die wissenschaftliche Grundlage ernüchternde Ergebnisse. Auch wenn einige Studien für die Rotatorenmanschettentendinopathie und laterale Epicondylopathie kurzfristig positive Ergebnisse hinsichtlich der Schmerzreduktion und der klinischen Befundverbesserung deklarierten, ist ein mittel- und langfristiger therapeutischer Vorteil nicht vorzuweisen [18]. Im Bereich der unteren Extremität kamen ebenso mehrere systematische Übersichtsarbeiten zu der Schlussfolgerung, dass lediglich kurzfristige Effekte zu erwarten sind und mittel- und langfristig weder eine Abnahme der Schmerzsymptomatik noch eine Verbesserung der funktionellen Befundsituation zu erzielen sind [16,34,42,58]. Eine große randomisierte Studie konnte bei der Epicondylopathie am Ellenbogen sogar nach einem Jahr schlechtere klini-

sche Ergebnisse und ein höheres Rezidivrisiko der Cortison-Gruppe im Vergleich zum Placebo aufzeigen [17]. Aufgrund erheblicher nachteiliger Effekte und möglicher Komplikationen, die sich auf mikro- und makrostruktureller Ebene abspielen und bis zum Sehnenverlust führen können [10,67], sollte auf die Verwendung von Glucocorticoiden bei Tendinopathien verzichtet werden.

Auf die peritendinöse Injektion von Glucocorticoiden sollte bei Vorliegen von Tendinopathien verzichtet werden. Die gezielte Infiltration bei Vorliegen einer therapieresistenten Bursitis könnte eine Ausnahmesituation darstellen. Eine intratendinöse Applikation gilt es generell und unabhängig vom verwendeten Wirkstoff strikt zu vermeiden!

Thrombozytenangereichertes Plasma

Die Anwendung von **plättchenreichem Plasma/ autologem konditioniertem Plasma (Platelet-Rich Plasma, PRP, ACP)** hat in den letzten Jahren eine stetig wachsende Aufmerksamkeit und Anwendungshäufigkeit erfahren. In der Literatur finden sich viele Studien, die die Anwendung bei Tendinopathien beschreiben. Die zum Teil methodenimmanenten Limitationen der vorliegenden Studien, die unterschiedlichen Gewinnungsmethoden mit konsekutiv abweichenden Zusammensetzungen und Dosierungen der PRP-Konzentrate und das Vorliegen von uneinheitlichen Anwendungsprotokollen erschweren die wissenschaftliche Betrachtungsweise und damit letztlich die Beurteilung dieser Therapiemethode. Mehrere aktuelle systematische Übersichtsarbeiten kamen zu dem Ergebnis, dass zum aktuellen Zeitpunkt unzureichende Evidenz besteht, ob die Behandlung

mit PRP den klinischen Verlauf bei Tendinopathien positiv beeinflussen kann [5,6,46,60]. In der Literatur finden sich jedoch vereinzelt Arbeiten, die positiv therapeutische Effekte, insbesondere im Bereich der Patellasehnenentendinopathie, aufzeigen. Eine systematische Übersichtsarbeit von Liddle et al. (Einbezug von 11 Arbeiten, hierunter 2 randomisierte klinische Studien) konnte eine signifikante Schmerzreduktion durch die Anwendung von PRP bei der Patellasehnenentendinopathie nachweisen, eine therapeutische Überlegenheit gegenüber anderen Therapieverfahren war jedoch nicht feststellbar [39]. In einer aktuellen doppelblind-randomisierten Studie zur Beurteilung der Achillessehnenentendinopathie konnten positive therapeutische Effekte für die Kombinationsanwendung von PRP und exzentrischem Training im Vergleich zum alleinigen exzentrischen Training verzeichnet werden. Als Beurteilungskriterien wurden klinische und bildgebende Parameter (Schmerz, Funktion, Sehnendicke, Vaskularisation) herangezogen. Grundsätzlich kann PRP, durch die enthaltenen Zytokine und Wachstumsfaktoren, zu einer Induktion eines Entzündungsprozesses führen, daher könnte PRP zum richtigen Zeitpunkt und in der richtigen Aufbereitung die Geweberegeneration positiv beeinflussen, aber auch grundsätzlich gegenteilige Effekte hervorrufen, wenn Zeitpunkt und Aufbereitung nicht adäquat sind. Für einen erfolgsversprechenden Einsatz von PRP braucht es standardisierte, experimentell geprüfte Protokolle [32,72].

Die evidenzbasierte wissenschaftliche Grundlage zur Anwendung von PRP zeigt heterogene Ergebnisse. Zum aktuellen Zeitpunkt sollte die gebietsbezogene Indikation streng überprüft werden. Die Anwendung kann aufgrund der aktuellen Studienlage

nicht generell empfohlen werden. Die Ergebnisse weiterer doppelblind, randomisierter kontrollierter Studien und die Erarbeitung standardisierter Anwendungsprotokolle gilt es abzuwarten.

Sclerotherapie

Basierend auf dem pathophysiologischen Hintergrund, dass chronische Tendinopathien mit einer pathologischen Neovascularisation und der gefäßbegleitenden Infiltration von Schmerzfasern verbunden sind, soll die Sklerosierung von Neogefäßen die Kaskade pathophysiologischer Prozesse durchbrechen. Zur Detektion der Gefäßstrukturen wird die Injektion der skleroseinduzierenden Substanzen (Polidocanol) in der Regel ultraschallgesteuert (Farbdopplermodus) durchgeführt. Eine systematische Übersichtsarbeit kam zu der Schlussfolgerung, dass diese ultraschallgesteuerte Injektion von Polidocanol eine potenziell therapeutische Technik darstellt, basierend auf moderater Evidenz hinsichtlich der mittelfristigen klinischen Besserung bei der Patellasehnenentendinopathie und der Epicondylitis humeri [18]. Gegenstand einer kleinen doppelblind-randomisierten, kontrollierten Studie (n = 20) war die Wirksamkeit der Sclerotherapie für die Achillsehnenentendinopathie. Durch diese konnte eine signifikante Schmerzreduktion erzielt werden [3]. In einer weiteren Studie konnte nach einem Follow-up von zwei Jahren eine verbesserte klinische Befundsituation, eine reduzierte Sehnendicke und eine verbesserte Sehnenstruktur nachgewiesen werden [40]. Zweijahres-Ergebnisse für die peritendinöse Injektion bei Vorliegen einer Patellasehnenentendinopathie liefert eine 101 Patienten umfassende norwegische Studie, die nach zwei Jahren lediglich bei 20%

der Patienten einen verbesserten Victorian Institute of Sport Assessment-Patella (VISA-P) Score angeben konnte [28]. Bis heute ist nicht geklärt, ab welchem Stadium der Hypervaskularisation die Indikation zur Injektion gestellt werden sollte. Weiterhin ist kritisch anzumerken, dass der langfristige Einfluss von intra- und peritendinösen Fehlplatzierungen auf den Sehnenstoffwechsel unbekannt ist.

Die Sclerotherapie scheint positive therapeutische Effekte auf die mit einer Hypervaskularisation einhergehende Patellasehnenentendinopathie, Achillessehnenentendinopathie und Epicondylopathie zu haben. Das Verfahren setzt die Beherrschung der ultraschallgesteuerten Injektionstechnik voraus und sollte erst bei Versagen nicht-invasiver Therapiemethoden und dem Nachweis einer deutlichen Hypervaskularisation erwogen werden.

Hochvolumen-Injektionen

Die hochvolumige peritendinöse Infiltration von bis zu 40 ml (z.B. Kochsalzlösung) soll durch die mechanische Expansion zu einer Dehnung und Zerstörung von Neogefäßen führen. Weiterhin wird eine Denervation der gefäßbegleitenden Schmerzfasern angenommen [14,74]. Einige Fallserien zeigen positive Effekte hinsichtlich einer Schmerzreduzierung und klinischen Befundverbesserung für die Anwendung bei der Achillessehnenentendinopathie. In einer aktuellen doppelblind-randomisierten Studie zur Beurteilung der Achillessehnenentendinopathie konnten positive therapeutische Effekte für die Kombinationsanwendung von High-Volume-Injektionen und exzentrischem Training im Vergleich

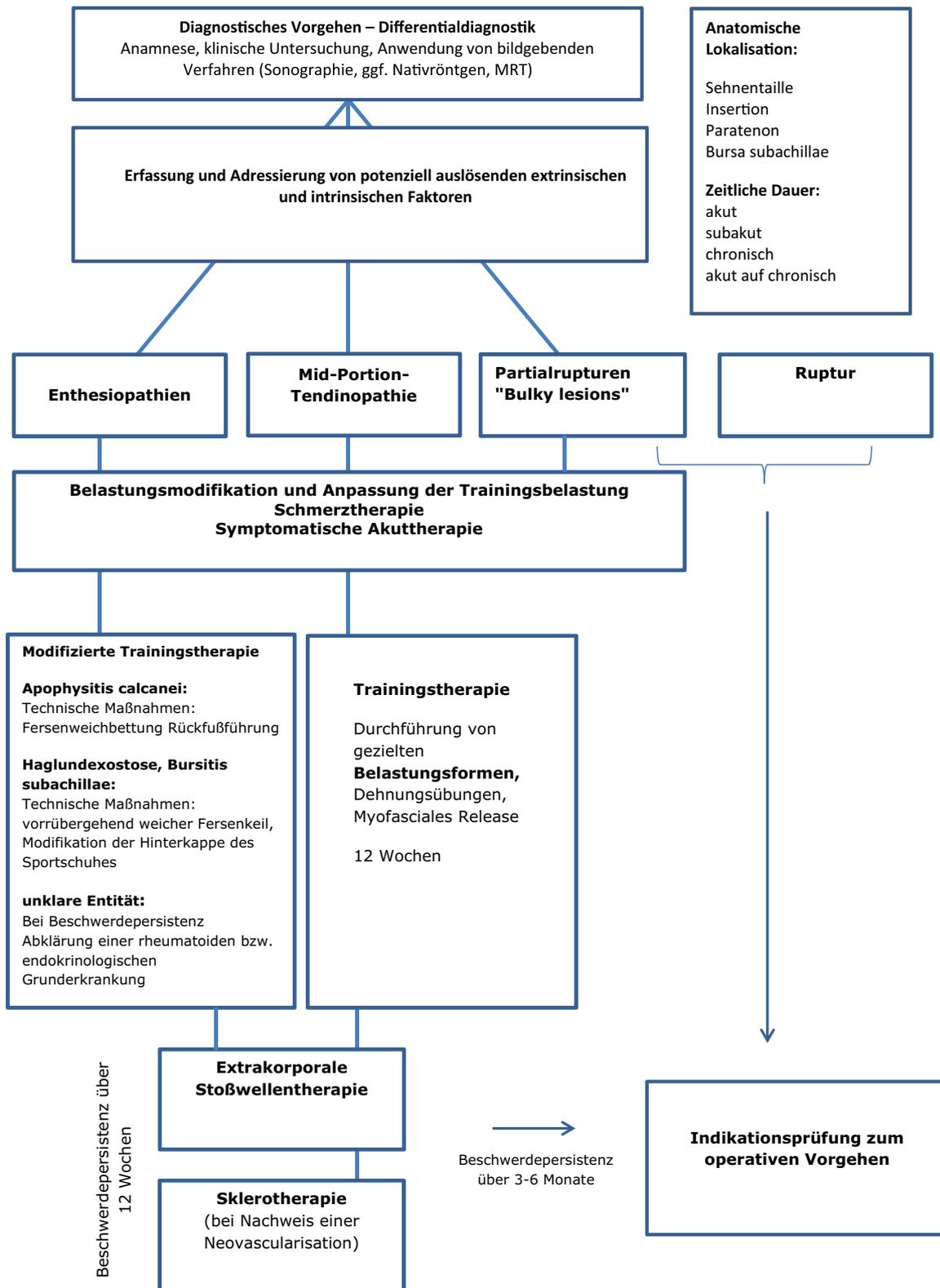


Abbildung 3
GOTS Therapiealgorithmus der Achillessehnentendinopathie.

zum alleinigen exzentrischen Training verzeichnet werden. Als Beurteilungskriterien wurden klinische und bildgebende Parameter (Schmerz, Funktion, Sehnendicke, Vaskularisation) herangezogen. Auch bei diesem Therapieverfahren gilt es, die Durchführung von randomisierten kontrollierten Studien abzuwarten, um das Therapieverfahren der Hochvolumen-Injektionen hinreichend zu beurteilen.

Protease-Inhibitoren

Der Aktivität von **Metalloproteinasen (MMPs)** werden katabole und sehnendestruierende Eigenschaften zugesprochen. Erhöhte Aktivitäten der MMPs konnten in Sehngewebe, die von einer Tendinopathie betroffen waren, nachgewiesen werden [48]. Studien zur Wirksamkeit von Proteinase-Inhibitoren (Aprotinin), zeigten bislang widersprüchliche Ergebnisse. Für die Behandlung der Achillessehnentendinopathie war in einer randomisierten kontrollierten Studie zu keinem Zeitpunkt des Follow-ups (2, 4, 12, und 52 Wochen) eine Überlegenheit im Vergleich zur Kontrollgruppe nachweisbar [11]. Für die Behandlung der Patellasehnentendinopathie konnte in einer randomisierten, placebo-kontrollierten Studie mit einem Follow-up von einem Jahr im Vergleich zum Placebo hingegen deutliche Vorteile der MMPs aufgezeigt werden [13]. In einer Fallserie (n = 94), die die Durchführung einer Hochvolumen-therapie mit Kochsalzlösung, Lokalanästhetika und Aprotinin für die Achillessehnentendinopathie verglich, zeigten sich eine signifikante Abnahme der Schmerzsymptomatik und eine klinische Verbesserung in der Aprotinin-Gruppe [41]. Auch hier fehlen einerseits hochwertige Studien, andererseits ist die hohe Nebenwirkungs- und Komplika-

kationsrate des Präparates zu beachten [44,74].

Die Verwendung von Protease-Inhibitoren (Aprotinin) stellt in der Behandlung der Patella- und Achillessehnentendinopathie zum aktuellen Zeitpunkt keine adäquate Therapieoption dar.

Physikalische Therapie

Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT)

Bei der Stoßwellentherapie kommen fokussierte Stoßwellen und radiale Druckwellen zur Anwendung. Fokussierte Stoßwellenimpulse werden elektromagnetisch, elektrohydraulisch oder piezoelektrisch erzeugt und durch ein Ankopplungsmedium in das Gewebe eingeleitet. Die Fokussgröße und Eindringtiefe sind abhängig vom Gerätetyp und der Vorlaufstrecke. Die Intensität wird als Energieflussdichte angegeben und reicht im niedrig bis mittlereenergetischen Bereich bis 0,5 mJ/mm² (das entspricht bei elektrohydraulischen Geräten etwa bis 32 mV Spannung). Die Pulsdauer beträgt 0,2–0,5 Mikrosekunden mit Spitzendruckwerten bis 60 MPa. Radiale Druckwellen werden ballistisch durch einen Prallkörper erzeugt und erzeugen nach Ankopplung eine divergierende Druckwelle im Gewebe. Die Spitzendrucke sind mit 0,1 bis 1 MPa deutlich niedriger als bei der fokussierten Stoßwelle (Tab. 2). Die applizierten Intensitäten reichen von 1 bis 6 bar und werden abhängig von der Form und Größe des Applikators unterschiedlich wahrgenommen. Radiale Stoßwellentherapie wird als Triggerpunkttherapie auch in den beteiligten angrenzenden Muskelketten angewendet. Als lokale Effekte werden positive Auswirkungen hinsichtlich

der Beeinträchtigung der sensorischen Aktivität von freien Nervenendigungen, der Aktivierung von Wachstumsfaktoren und der Aktivitätsreduzierung von Metalloproteinasen auf zellulärer Ebene angenommen [69,74]. In der Literatur liegen einige Studien vor, die die Anwendung der ESWT bei Tendinopathien beschreiben. Eine oftmals fehlende Randomisierung und unterschiedliche Anwendungsprotokolle limitieren die evidenzbasierte Beurteilung dieser Studien. In einer systematischen Übersichtsarbeit unter Einschluss von 13 Studien konnte geschlossen werden, dass die ESWT eine effektive Therapieoption für die Patellasehnentendinopathie, die Achillessehnentendinopathie und das Greater Trochanteric Pain Syndrom (GTPS) darstellt [26,45]. Hervorzuheben ist, dass bei der Mid-Portion-Tendinopathie der Achillessehne die Kombinationstherapie von exzentrischem Training und ESWT zu positiv therapeutischen Effekten führt, die der jeweils alleinigen Anwendung der Verfahren überlegen ist [1,45]. Bei der Patellasehnentendinopathie scheint diese Kombinationstherapie dagegen zu keinen zusätzlichen therapeutischen Effekten zu führen [65,73]. Weiterhin ist anzumerken, dass die ESWT bei der Insertionstendinopathie schon frühzeitig indiziert und dem exzentrischen Training überlegen ist [45,70]. Aus molekularbiologischer und empirischer Sicht haben sich 3 bis 5 Behandlungen im Abstand von einer Woche bewährt. Anzumerken ist, dass eine enge therapeutische Breite in Anbetracht der Dosis-Wirkungsbeziehung besteht [64]. Daher sollten gewebespezifische Protokolle strikt eingehalten werden.

Die Literatur belegt gute Effekte einer ESWT bei Insertionstendinopathien und bei der Mid-Portion-Tendinopathien in

Tabelle 1. Übersicht über therapeutisch relevante intrinsische und extrinsische Risikofaktoren.

Intrinsische Risikofaktoren	Therapeutischer Ansatz
Anthropometrische Größen (Gewicht, BMI, Hüft-Taillen-Index)	Gewichtsreduktion
Stoffwechselerkrankungen (Gicht, Diabetes)	Regelmäßige Überprüfung und Optimierung der Therapie
Funktionelle und strukturelle Instabilitäten, Achsabweichungen, anatomische Beinlängenunterschiede (Diagnostik auch unter dynamischen sportartspezifischen Belastungen – Bewegungsanalyse)	Physiotherapie, Trainingstherapie, Technikumstellung, Orthopädietechnische Versorgung (Einlagen, Sportschuhzurichtungen, Orthesen), Umstellungsosteotomien (siehe operative Therapie)
Funktionelle Defizite: Reduzierter Bewegungsumfang der Gelenke und Muskelgruppen, reduzierte muskuläre Kraftentfaltung, muskuläre Dysbalancen, funktionelle Beinlängenunterschiede	Gezielte Trainingstherapie, regelmäßiges Dehnungs- und Kräftigungsprogramm
Bewegungstechnische Fehler	Optimierung und Umstellung der sportlichen Technik
Vorschädigungen der Sehne	Anpassung und Modifikation der Trainingsbelastung
Extrinsische Risikofaktoren	
Steigerung von Belastungsumfang und -intensität	Belastungsanpassung und -modifikation
Wechselnder Bodenbelag	Auswahl der Trainingsstätte, Belastungssteigerungen nur unter bereits adaptierten Bedingungen (cave: Trainingslager)
Ausrüstung, Schuhwerk	Austausch von gealterter und verschlissener Ausrüstung (Schuhe, Einlagen, Sportgeräte)
Wetterbedingungen	Falls möglich auf alternative Trainingsstätten ausweichen (z.B. Halle)
Medikamente: Antibiotika – Flouorchinolone, Statine, Glucocorticoide	Falls möglich Verzicht auf betreffende Medikamentengruppen, ggf. Wechsel des Präparates

Kombination mit exzentrischem Training.

Ultraschalltherapie

Für die Wirksamkeit des hochintensiven therapeutischen Ultraschalls liegen Daten über die erfolgreiche Anwendung bei calcifizierenden Tendinitiden der Rotatorenmanschette vor [22]. Für die Wirksamkeit einer niedrigintensiven Ultraschalltherapie liegen widersprüchliche Daten vor [21,31]. Eine Bewertung der Effektivität kann aufgrund der geringen Datenlage nicht gegeben werden (Tab. 3).

Orthopädietechnische Versorgung

Orthetische Hilfsmittel, Bandagen, Einlagen und Schuhzurichtungen werden als Therapiebaustein in der

konservativen Therapie sowie im Rahmen der Adressierung von Risikofaktoren (Prävention von Fehl- und Überbelastungen) unter

der Zugrundelegung biomechanischer und neuromuskulärer Überlegungen eingesetzt. Für die obere als auch für die untere Extremität steht

Tabelle 2. Technische Merkmale der fokussierten und radialen ESWT.

	Fokussierte ESWT	Radiale ESWT
Energie	0,05 – 0,3 mJ/mm ²	2 – 3 bar
Frequenz	3 – 6 Hz	10 Hz
Impulse	1500-2000	2000

Tabelle 3. Anwendungsprotokoll und technische Eigenschaften von hochintensiver und niedrig intensiver Ultraschalltherapie.

	Hochintensiver Ultraschall	Niedrig intensiver Ultraschall
Energie	2,5 Watt/cm ² , 1:4 gepulst	100mWatt/cm ²
Frequenz	0,89 MHz	1 MHz
Dauer	15 Minuten	20 Minuten
Häufigkeit	24 Behandlungen 3 Wochen täglich, 3 Wochen 3x/Wo	56 Behandlungen 8 Wochen täglich

ein breites Spektrum an Hilfsmitteln zur Verfügung. Die evidenzbasierte wissenschaftliche Grundlage der orthopädiotechnischen Maßnahmen ist jedoch auch aufgrund der häufig heterogenen Patientenkollektive und Krankheitsbilder sowie des breiten Spektrums an unterschiedlichen Hilfsmitteln limitiert. Generell sollten orthopädiotechnische Hilfsmittel individuell indiziert, gefertigt und angepasst werden. Die häufig verwendeten Sporteinlagen werden entweder dem klassischen „mechanischen Ansatz“ und dem „neuromuskulären Ansatz“ zugeordnet; aus wissenschaftlicher Perspektive sind beide Ansätze jedoch untrennbar verbunden [24,30]. Klassische mechanische Prinzipien, z.B. Einarbeitung von Längsgewölbestützen als Abstützungselemente im medialen Rückfußbereich, haben das Ziel, das Fersenbein mechanisch abzustützen und somit zu einer Achskorrektur des Rückfußes beizutragen. Längsgewölbestützen haben sich zur Behandlung der Achillessehnen-tendinopathie (bei Rückfußmalalignment) und zur Therapie der Tendinopathie des M. tibialis posterior bewährt [30]. Sensomotorische Einlagen zielen hingegen darauf ab gezielt Rezeptoren zu stimulieren und die neuromuskuläre Ansteuerung zu beeinflussen. Anzumerken ist jedoch, dass jede Veränderung durch Einlagen, Schuhwerk oder Untergrund zu einer veränderten propriozeptiven Wahrnehmung und daher zur Veränderung der Sensomotorik führt [24,30]. Laut systematischen Übersichtsarbeiten haben Einlagen einen hohen Stellenwert in der Prävention von Überlastungsverletzungen und in der Therapie der Achillessehnentendinopathie [38,52].

Interessenkonflikt

Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

Literatur

- [1] H. Al-Abbad, J.V. Simon, The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy on chronic achilles tendinopathy: a systematic review, *Foot Ankle Int* 34 (2013) 33–41.
- [2] H. Alfredson, M. Lorentzon, S. Backman, A. Backman, U.H. Lerner, cDNA-arrays and real-time quantitative PCR techniques in the investigation of chronic Achilles tendinosis, *J Orthop Res* 21 (2003) 970–975.
- [3] H. Alfredson, L. Ohberg, Sclerosing injections to areas of neo-vascularisation reduce pain in chronic Achilles tendinopathy: a double-blind randomised controlled trial, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13 (2005) 338–344.
- [4] H. Alfredson, T. Pietila, P. Jonsson, R. Lorentzon, Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis, *Am J Sports Med* 26 (1998) 360–366.
- [5] I. Andia, P.M. Latorre, M.C. Gomez, N. Burgos-Alonso, M. Abate, N. Maffulli, Platelet-rich plasma in the conservative treatment of painful tendinopathy: a systematic review and meta-analysis of controlled studies, *Br Med Bull* 110 (2014) 99–115.
- [6] I. Andia, N. Maffulli, Muscle and tendon injuries: the role of biological interventions to promote and assist healing and recovery, *Arthroscopy* 31 (2015) 999–1015.
- [7] B.M. Andres, G.A. Murrell, Treatment of tendinopathy: what works, what does not, and what is on the horizon, *Clin Orthop Relat Res* 466 (2008) 1539–1554.
- [8] R. Beyer, M. Kongsgaard, B. Hougs Kjaer, T. Ohlenschlaeger, M. Kjaer, S. P. Magnusson, Heavy Slow Resistance Versus Eccentric Training as Treatment for Achilles Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial, *Am J Sports Med* 43 (2015) 1704–1711.
- [9] A.R. Bokhari, G.A. Murrell, The role of nitric oxide in tendon healing, *J Shoulder Elbow Surg* 21 (2012) 238–244.
- [10] A. Brinks, B.W. Koes, A.C. Volkers, J.A. Verhaar, S.M. Bierma-Zeinstra, Adverse effects of extra-articular corticosteroid injections: a systematic review, *BMC Musculoskelet Disord* 11 (2010) 206.
- [11] R. Brown, J. Orchard, M. Kinchington, A. Hooper, G. Nalder, Aprotinin in the management of Achilles tendinopathy: a randomised controlled trial, *Br J Sports Med* 40 (2006) 275–279.
- [12] P.R. Camargo, F. Albuquerque-Sendin, T.F. Salvini, Eccentric training as a new approach for rotator cuff tendinopathy: Review and perspectives, *World J Orthop* 5 (2014) 634–644.
- [13] T.V. Capasso G, N. Maffulli, G. Bifulco, Aprotinin, corticosteroids and normal saline in the management of patellar tendinopathy in athletes: a prospective randomised study, *Sports Exer Inj* (1997) 111–115.
- [14] O. Chan, D. O'Dowd, N. Padhiar, D. Morrissey, J. King, R. Jalan, N. Maffulli, T. Crisp, High volume image guided injections in chronic Achilles tendinopathy, *Disabil Rehabil* 30 (2008) 1697–1708.
- [15] J.L. Cook, C. Purdam, Is compressive load a factor in the development of tendinopathy? *Br J Sports Med* 46 (2012) 163–168.
- [16] J.L. Cook, C.R. Purdam, The challenge of managing tendinopathy in competing athletes, *Br J Sports Med* 48 (2014) 506–509.
- [17] B.K. Coombes, L. Bisset, P. Brooks, A. Khan, B. Vicenzino, Effect of corticosteroid injection, physiotherapy, or both on clinical outcomes in patients with unilateral lateral epicondylalgia: a randomized controlled trial, *JAMA* 309 (2013) 461–469.
- [18] B.K. Coombes, L. Bisset, B. Vicenzino, Efficacy and safety of corticosteroid injections and other injections for management of tendinopathy: a systematic review of randomised controlled trials, *Lancet* 376 (2010) 1751–1767.
- [19] C. Couppe, M. Kongsgaard, P. Aagaard, A. Vinther, M. Boesen, M. Kjaer, S.P. Magnusson, Differences in tendon properties in elite badminton players with or without patellar tendinopathy, *Scand J Med Sci Sports* 23 (2013) e89–e95.
- [20] C. Couppe, R.B. Svensson, K.G. Silbernagel, H. Langberg, S.P. Magnusson, Eccentric or Concentric Exercises for the Treatment of Tendinopathies? *J Orthop Sports Phys Ther* 45 (2015) 853–863.
- [21] A.P. D'Vaz, A.J. Ostor, C.A. Speed, J.R. Jenner, M. Bradley, A.T. Prevost, B.L. Hazleman, Pulsed low-intensity ultrasound therapy for chronic lateral epicondylitis: a randomized controlled trial, *Rheumatology (Oxford)* 45 (2006) 566–570.
- [22] G. Ebenbichler, [Evidence-based medicine and therapeutic ultrasound of the musculoskeletal system], *Zeitschrift für Rheumatologie* 68 (2009) 543–548.

- [23] M. Fahlstrom, P. Jonsson, R. Lorentzon, H. Alfredson, Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11 (2003) 327–333.
- [24] J. Freiwald, et al., Obere Sprunggelenkverletzungen, Prävention und Rehabilitation unter der Perspektive der modernen Motorikforschung, *MOT* (2007) 17–25.
- [25] E.D. Gambito, C.B. Gonzalez-Suarez, T. I. Oquinená, R.B. Agbayani, Evidence on the effectiveness of topical nitroglycerin in the treatment of tendinopathies: a systematic review and meta-analysis, *Arch Phys Med Rehabil* 91 (2010) 1291–1305.
- [26] L. Gerdesmeyer, R. Mittermayr, M. Fuerst, M. Al Muderis, R. Thiele, A. Saxena, H. Gollwitzer, Current evidence of extracorporeal shock wave therapy in chronic Achilles tendinopathy, *Int J Surg* 24 (2015) 154–159.
- [27] B. Habets, R.E. van Cingel, Eccentric exercise training in chronic mid-portion Achilles tendinopathy: a systematic review on different protocols, *Scand J Med Sci Sports* 25 (2015) 3–15.
- [28] A. Hoksrud, T. Torgalsen, H. Harstad, S. Haugen, T.E. Andersen, M.A. Risberg, R. Bahr, Ultrasound-guided sclerosis of neovessels in patellar tendinopathy: a prospective study of 101 patients, *Am J Sports Med* 40 (2012) 542–547.
- [29] P. Hoogvliet, M.S. Randsdorp, R. Dingenans, B.W. Koes, B.M. Huisstede, Does effectiveness of exercise therapy and mobilisation techniques offer guidance for the treatment of lateral and medial epicondylitis? A systematic review, *Br J Sports Med* 47 (2013) 1112–1119.
- [30] H.K. Hotfiel T, K. Gelse, M. Engelhardt, J. Freiwald, The use of insoles in competitive sports - Indications, effectiveness, sport specific treatment strategies, *Sports Orthopaedics and Traumatology* 32 (2016) 250–257.
- [31] A.R. Hsu, G.B. Holmes, Preliminary Treatment of Achilles Tendinopathy Using Low-Intensity Pulsed Ultrasound, *Foot Ankle Spec* 9 (2016) 52–57.
- [32] J.L. Hudgens, K.B. Sugg, J.A. Grekin, J. P. Gumucio, A. Bedi, C.L. Mendias, Platelet-Rich Plasma Activates Proinflammatory Signaling Pathways and Induces Oxidative Stress in Tendon Fibroblasts, *Am J Sports Med* 44 (2016) 1931–1940.
- [33] T.P. Kane, M. Ismail, J.D. Calder, Topical glyceryl trinitrate and noninsertional Achilles tendinopathy: a clinical and cellular investigation, *Am J Sports Med* 36 (2008) 1160–1163.
- [34] M. Kongsgaard, V. Kovanen, P. Aagaard, S. Doessing, P. Hansen, A.H. Laursen, N.C. Kaldau, M. Kjaer, S.P. Magnusson, Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy, *Scand J Med Sci Sports* 19 (2009) 790–802.
- [35] R. Kramer, J. Lorenzen, P.M. Vogt, K. Knobloch, [Systematic review about eccentric training in chronic achilles tendinopathy], *Sportverletz Sport-schaden* 24 (2010) 204–211.
- [36] M.E. Larsson, I. Kall, K. Nilsson-Helander, Treatment of patellar tendinopathy—a systematic review of randomized controlled trials, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20 (2012) 1632–1646.
- [37] R. Lenz, M. Kieb, P. Diehl, C. Grim, S. Vogt, T. Tischer, [Muscle, tendon and joint injections: What is the evidence?], *Orthopade* 45 (2016) 459–468.
- [38] M. Leppanen, S. Aaltonen, J. Parkkari, A. Heinonen, U.M. Kujala, Interventions to prevent sports related injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials, *Sports Med* 44 (2014) 473–486.
- [39] A.D. Liddle, E.C. Rodriguez-Merchan, Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Patellar Tendinopathy: A Systematic Review, *Am J Sports Med* 43 (2015) 2583–2590.
- [40] B. Lind, L. Ohberg, H. Alfredson, Sclerosing polidocanol injections in mid-portion Achilles tendinosis: remaining good clinical results and decreased tendon thickness at 2-year follow-up, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14 (2006) 1327–1332.
- [41] N. Maffulli, F. Spiezia, U.G. Longo, V. Denaro, G.D. Maffulli, High volume image guided injections for the management of chronic tendinopathy of the main body of the Achilles tendon, *Phys Ther Sport* 14 (2013) 163–167.
- [42] R.A. Magnussen, W.R. Dunn, A.B. Thomson, Nonoperative treatment of midportion Achilles tendinopathy: a systematic review, *Clin J Sport Med* 19 (2009) 54–64.
- [43] P. Malliaras, C.J. Barton, N.D. Reeves, H. Langberg, Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness, *Sports Med* 43 (2013) 267–286.
- [44] D.T. Mangano, I.C. Tudor, C. Dietzel, Multicenter Study of Perioperative Ischemia Research G, Ischemia R, Education F. The risk associated with aprotinin in cardiac surgery, *N Engl J Med* 354 (2006) 353–365.
- [45] S. Mani-Babu, D. Morrissey, C. Waugh, H. Screen, C. Barton, The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy in lower limb tendinopathy: a systematic review, *Am J Sports Med* 43 (2015) 752–761.
- [46] V.Y. Moraes, M. Lenza, M.J. Tamaoki, F. Faloppa, J.C. Belloti, Platelet-rich therapies for musculoskeletal soft tissue injuries, *Cochrane Database Syst Rev* (2014), <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD010071.pub3>, CD010071.
- [47] G.A. Murrell, Using nitric oxide to treat tendinopathy, *Br J Sports Med* 41 (2007) 227–231.
- [48] J. Orchard, A. Massey, R. Brown, A. Cardon-Dunbar, J. Hofmann, Successful management of tendinopathy with injections of the MMP-inhibitor aprotinin, *Clin Orthop Relat Res* 466 (2008) 1625–1632.
- [49] J.A. Paoloni, R.C. Appleyard, J. Nelson, G.A. Murrell, Topical nitric oxide application in the treatment of chronic extensor tendinosis at the elbow: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial, *Am J Sports Med* 31 (2003) 915–920.
- [50] J.A. Paoloni, R.C. Appleyard, J. Nelson, G.A. Murrell, Topical glyceryl trinitrate treatment of chronic noninsertional achilles tendinopathy. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial, *J Bone Joint Surg Am* 86-A (2004) 916–922.
- [51] J.A. Paoloni, R.C. Appleyard, J. Nelson, G.A. Murrell, Topical glyceryl trinitrate application in the treatment of chronic supraspinatus tendinopathy: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial, *Am J Sports Med* 33 (2005) 806–813.
- [52] J.A. Peters, J. Zwerver, R.L. Diercks, M. T. Elferink-Gemser, I. van den Akker-Scheek, Preventive interventions for tendinopathy: A systematic review, *J Sci Med Sport* 19 (2016) 205–211.
- [53] J.D. Rees, R.L. Wolman, A. Wilson, Eccentric exercises; why do they work, what are the problems and how can we improve them? *Br J Sports Med* 43 (2009) 242–246.
- [54] E. Rio, D. Kidgell, C. Purdam, J. Gaida, G.L. Moseley, A.J. Pearce, J. Cook, Isometric exercise induces analgesia and

- reduces inhibition in patellar tendinopathy, *Br J Sports Med* 49 (2015) 1277–1283.
- [55] J.D. Rompe, J. Furia, N. Maffulli, Eccentric loading versus eccentric loading plus shock-wave treatment for midportion achilles tendinopathy: a randomized controlled trial, *Am J Sports Med* 37 (2009) 463–470.
- [56] E.M. Roos, M. Engstrom, A. Lagerquist, B. Soderberg, Clinical improvement after 6 weeks of eccentric exercise in patients with mid-portion Achilles tendinopathy – a randomized trial with 1-year follow-up, *Scand J Med Sci Sports* 14 (2004) 286–295.
- [57] M. Rossignol, A. Abouelfath, R. Lassalle, Y. Merliere, C. Droz, B. Begaud, F. Depont, Y. Moride, P. Blin, N. Moore, A. Fourier-Reglat, The CADEUS study: burden of nonsteroidal anti-inflammatory drug (NSAID) utilization for musculoskeletal disorders in blue collar workers, *Br J Clin Pharmacol* 67 (2009) 118–124.
- [58] V. Rowe, S. Hemmings, C. Barton, P. Malliaras, N. Maffulli, D. Morrissey, Conservative management of midportion Achilles tendinopathy: a mixed methods study, integrating systematic review and clinical reasoning, *Sports Med* 42 (2012) 941–967.
- [59] A. Rudavsky, J. Cook, Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee), *J Physiother* 60 (2014) 122–129.
- [60] M.A. Sandrey, Autologous growth factor injections in chronic tendinopathy, *J Athl Train* 49 (2014) 428–430.
- [61] A. Scott, S. Docking, B. Vicenzino, H. Alfredson, R.J. Murphy, A.J. Carr, J. Zwerver, K. Lundgreen, O. Finlay, N. Pollock, J.L. Cook, A. Fearon, C.R. Purdam, A. Hoens, J.D. Rees, T.J. Goetz, P. Danielson, Sports and exercise-related tendinopathies: a review of selected topical issues by participants of the second International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS) Vancouver 2012, *Br J Sports Med* 47 (2013) 536–544.
- [62] P. Sharma, N. Maffulli, Tendon injury and tendinopathy: healing and repair, *J Bone Joint Surg Am* 87 (2005) 187–202.
- [63] J. Soderberg, W.J. Grooten, B.O. Ang, Effects of eccentric training on hand strength in subjects with lateral epicondylalgia: a randomized-controlled trial, *Scand J Med Sci Sports* 22 (2012) 797–803.
- [64] F. Suhr, Y. Delhasse, G. Bungartz, A. Schmidt, K. Pfannkuche, W. Bloch, Cell biological effects of mechanical stimulations generated by focused extracorporeal shock wave applications on cultured human bone marrow stromal cells, *Stem Cell Res* 11 (2013) 951–964.
- [65] K.M. Thijs, J. Zwerver, F.J. Backx, V. Steeneken, S. Rayer, P. Groenenboom, M.H. Moen, Effectiveness of Shockwave Treatment Combined With Eccentric Training for Patellar Tendinopathy: A Double-Blinded Randomized Study, *Clin J Sport Med* (2016), <http://dx.doi.org/10.1097/JSM.0000000000000332>.
- [66] T.F. Tyler, S.J. Nicholas, B.M. Schmitt, M. Mullaney, D.E. Hogan, Clinical outcomes of the addition of eccentrics for rehabilitation of previously failed treatments of golfers elbow, *Int J Sports Phys Ther* 9 (2014) 365–370.
- [67] G. Vallone, T. Vittorio, Complete Achilles tendon rupture after local infiltration of corticosteroids in the treatment of deep retrocalcaneal bursitis, *J Ultrasound* 17 (2014) 165–167.
- [68] M. van Ark, J.L. Cook, S.I. Docking, J. Zwerver, J.E. Gaida, I. van den Akker-Scheek, E. Rio, Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial, *J Sci Med Sport* 19 (2016) 702–706.
- [69] V. Visco, M.C. Vulpiani, M.R. Torrisi, A. Ferretti, A. Pavan, M. Vetrano, Experimental studies on the biological effects of extracorporeal shock wave therapy on tendon models. A review of the literature, *Muscles Ligaments Tendons J* 4 (2014) 357–361.
- [70] J.I. Wiegerinck, G.M. Kerkhoffs, M.N. van Sterkenburg, I.N. Sierevelt, C.N. van Dijk, Treatment for insertional Achilles tendinopathy: a systematic review, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21 (2013) 1345–1355.
- [71] C.M. Wilcox, B. Cryer, G. Triadafilopoulos, Patterns of use and public perception of over-the-counter pain relievers: focus on nonsteroidal antiinflammatory drugs, *J Rheumatol* 32 (2005) 2218–2224.
- [72] I. Yilmaz, S. Akkaya, M. Isyar, A.G. Batmaz, O. Guler, K. Oznam, A. Ugras, M. Mahirogullari, Is there a treatment protocol in which platelet-rich plasma is effective? *J Orthop* 13 (2016) 316–321.
- [73] J. Zwerver, F. Hartgens, E. Verhagen, H. van der Worp, I. van den Akker-Scheek, R.L. Diercks, No effect of extracorporeal shockwave therapy on patellar tendinopathy in jumping athletes during the competitive season: a randomized clinical trial, *Am J Sports Med* 39 (2011) 1191–1199.
- [74] R. Zwiers, J.I. Wiegerinck, C.N. van Dijk, Treatment of midportion Achilles tendinopathy: an evidence-based overview, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24 (2016) 2103–2111.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Thilo Hotfiel
 Abteilung für Orthopädische Rheumatologie
 in der Orthopädischen Universitätsklinik
 Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-
 Nürnberg
 Im Waldkrankenhaus St. Marien
 Rathsberger Straße 57
 91054 Erlangen.
 E-Mail: Thilo.Hotfiel@gmx.de

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect