

ACCEPTED: February 2015

PUBLISHED ONLINE: March 2015

DOI: 10.5960/dzsm.2015.171

Lohrer H, Nauck T. Radiale extrakorporale Stoßwellentherapie zur Behandlung der Apophysitis calcanei. Dtsch Z Sportmed. 2015; 66: 60–63.

Radiale extrakorporale Stoßwellentherapie zur Behandlung der Apophysitis calcanei

Radial shock wave therapy for patients with apophysitis calcanei

1. SPORTMEDIZINISCHES INSTITUT
FRANKFURT AM MAIN E.V., *Frankfurt*
2. ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT, *Freiburg*

Zusammenfassung

- › **Problemstellung:** Das Auftreten der Apophysitis calcanei interferiert häufig mit erhöhter sportlicher Belastung zu Beginn des präpuberalen Wachstumsschubes. Das Ziel dieser Pilotuntersuchung bestand darin, die Effizienz und mögliche Nebenwirkungen der radialen extrakorporalen Stoßwellentherapie (RSWT) bei der Apophysitis calcanei zu untersuchen.
- › **Methoden:** Retrospektiv wurden die elektronischen Karteikarten unserer Sprechstunde (2005–2012) nach Patienten durchgesehen, die an einer therapieresistenten Apophysitis calcanei litten und mit RSWT behandelt wurden. Die Nachuntersuchung erfolgte 1–8 Jahre später telefonisch. Das Ergebnis wurde mit dem standardisierten VISA-A-G Fragebogen (Victorian Institute of Sport Assessment-Achilles tendon-German) evaluiert. Patientenzufriedenheit, Komplikationen und die sportliche Belastbarkeit wurden darüber hinaus erfasst.
- › **Ergebnisse:** Fünf heranwachsende, 9–12 Jahre alte Patienten mit therapieresistenter Apophysitis calcanei waren mit RSWT behandelt worden. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung hatten alle Patienten den VISA-A-G Maximalwert (100 Punkte) erreicht. Vier der fünf Patienten gaben an, dass die RSWT erfolgreich war. Drei der fünf Patienten hatten zumindest das gleiche sportliche Belastungsniveau wie vor der Verletzung wieder erreicht. Zwei Patienten hatten ihre sportliche Belastung aus persönlichen bzw. anderen gesundheitlichen Gründen verändert. In allen Fällen konnten unerwünschte Nebenwirkungen der RSWT nicht nachgewiesen werden.
- › **Diskussion:** In dieser Pilotuntersuchung war die RSWT sowohl sicher, als auch erfolgreich bei der Behandlung der Apophysitis calcanei. Weitere kontrollierte Studien müssen den definitiven Wert dieses Behandlungsverfahrens weiter analysieren.

SCHLÜSSELWÖRTER:

Extrakorporale Stoßwellentherapie, Behandlung, M. Sever, Apophysitis calcanei

Summary

- › **Background:** The aim of this study was to analyze the effectiveness and safety of radial extracorporeal shock wave therapy (RSWT) in juveniles with Apophysitis calcanei.
- › **Methods:** A retrospective review of our own institutional medical records was made from 2005–2012 to detect patients with recalcitrant Apophysitis calcanei who were treated with RSWT. A follow-up investigation was performed 1–8 years later by telephone interview. The outcome was analyzed using the standardized Victorian Institute of Sport Assessment - Achilles tendon (VISA-A-G) questionnaire. Additionally the satisfaction rate, complication rate, and the individual level of sports engagement were evaluated.
- › **Results:** Five adolescent patients with recalcitrant Apophysitis calcanei were treated with RSWT. The patients were 9–12 years old. At follow-up, all patients scored 100 points (maximum value) on the VISA-A-G questionnaire. Four out of five patients graded the RSWT as successful. Three out of five patients returned to their specific sports activity at least at the preinjury level. Two patients changed their sports due to personal reasons and other orthopedic diseases. In all cases, no treatment-related side effects were observed.
- › **Discussion:** In this pilot case series, RSWT was a safe and promising treatment for juveniles suffering from server's disease. Further controlled research has to be performed to evaluate the dimension of the healing response.

KEY WORDS:

Extracorporeal shockwave therapy, treatment, M. Sever, Apophysitis calcanei

Einleitung, Problem und Zielstellung

Die Apophysitis calcanei wurde erstmalig 1912 von Sever (M. Sever) beschrieben (19). Betroffen ist die calcaneare apophysäre Wachstumszone bei Kindern zwischen dem achten und fünfzehnten Lebensjahr (6,17,20). Häufig (60%) sind beide Seiten von der im Prinzip selbstlimitierenden Problematik betroffen (15). Jungs sind häufiger betroffen als Mädchen (14).

Das Auftreten der Apophysitis calcanei interferiert häufig mit sportlicher Belastung (1). In frühen Phasen klagten die jungen Athleten über eine im Verlauf der sportlichen Belastung zunehmende Schmerzhaftigkeit im Fersenbereich bzw. am Achil-

lessehnenansatz. Die Symptomatik verschwindet in Ruhe (1,15). Sehr häufig (fast regelmäßig) wird die Symptomatik von den Kindern, ihren Eltern und Trainern als Achillodynie fehlinterpretiert.

Bis heute ist die Ätiopathogenese der Apophysitis calcanei nicht voll verstanden (24). Eine der Theorien besagt, dass der präpubertäre Wachstumsschub kombiniert mit der sportinduzierten hohen Spannung auf dem Achillessehnen/Trizeps surae Komplex eine vermehrte Traktion und Scherkräfte der calcanearen Apophyse erzeugt. Fußtypvarianten wie Senkfuß oder hoch-



QR-Code scannen
und Artikel online
lesen.

KORRESPONDENZADRESSE:

Prof. Dr. Heinz Lohrer
Sportmedizinisches Institut Freiburg
Otto-Fleck-Schneise 10
60528 Frankfurt
✉: lohrer@smi-frankfurt.de

gesprengter Fuß, Infektionen, repetitive Mikrotraumata, hoher Body mass index und schlechte bzw. ausgetragene Schuhe werden als prädisponierende Faktoren angesehen (6,9,13,18,24).

Bei der klinischen Untersuchung findet sich eine Druckdolenz der calcanearen Apophyse (Zangengriff). Auch eine reduzierte Dorsalextension wird häufig berichtet (13,21,23). Röntgenanalysen des Fußes sind vor allem zum differenzialdiagnostischen Ausschluss anderer Pathologien notwendig (13,23). Es besteht jedoch Uneinigkeit über die Interpretation und den Nutzen der Röntgenanalysen, wenn die Apophysitis calcanei diagnostisch gesichert werden soll (13,15). Wir sehen regelmäßig, dass die klinische Symptomatik bereits besteht bevor röntgenologische Veränderungen erkannt werden können.

Grundsätzlich ist die Behandlung der Apophysitis calcanei konservativ. Relative oder absolute Ruhigstellung, Sportverbot oder Modifikation der auslösenden sportlichen Belastung, Fersenerhöhung, Einlagenversorgung, Dehnung der Wadenmuskulatur, exzentrische Übungen, Eis, Ultraschall und NSAR werden regelmäßig angewandt (3). Es gibt jedoch keine prospektiven, randomisierten und kontrollierten Untersuchungen, die den Nutzen dieser Maßnahmen belegen.

Die Symptomatik, der primär langwierige Verlauf der Apophysitis calcanei und Misserfolge der konservativen Therapie oder therapeutischer Nihilismus (Abwarten) führt häufig zu einer frustrierenden Situation bei den jungen Sportlern, ihren Eltern und den Trainern. Dies gilt insbesondere, wenn die Athleten bereits ein hohes sportliches (Wettkampf) Niveau erreicht haben.

Seit 1990 werden extrakorporale Stoßwellen erfolgreich zur Behandlung verschiedener Knochen- und Sehnenpathologien eingesetzt. Wegen der potentiellen Schädigung epi- und apophysärer Wachstumszonen war der Einsatz im Wachstumsalter als Kontraindikation angesehen worden (22). Bei der Behandlung des M. Schlatte mit der radialen extrakorporalen Stoßwellentherapie (RSWT) konnten wir keine unerwünschten Nebenwirkungen feststellen (12). Das Ziel dieser Pilotuntersuchung ist es, die Wirksamkeit und Sicherheit der RSWT bei Patienten mit Apophysitis calcanei zu untersuchen.

Material und Methode

Patienten

In den elektronischen Karteikarten von 2005-2012 wurden Patienten gesucht, die wegen einer Apophysitis calcanei mit RSWT behandelt wurden.

Untersuchungsmethoden

Alle eingeschlossenen Patienten wurden telefonisch 1-8 (Median = 7) Jahre nach der RSWT Behandlung der Apophysitis calcanei befragt. Das Ergebnis im VISA-A-G Fragebogen (Victorian Institute of Sport Assessment-Achilles tendon-German) wurde dabei als primäres Zielkriterium definiert (10). Der VISA-A und VISA-A-G Fragebogen sind validierte und reliabel messende Instrumente, um schmerzassozierte funktionelle Beeinträchtigungen bei Patienten mit Achillodynie und retrocalcaneärer Bursitis zu quantifizieren (10,11). Die Punktzahl reicht von 0-100, wobei 0 eine schmerzbedingt praktisch nicht mögliche körperliche Aktivität und 100 eine schmerzfreie und unbeeinträchtigte Belastbarkeit anzeigt. Die subjektive Zufriedenheit der Patienten mit dem Ergebnis der RSWT war als sekundäres Evaluationskriterium definiert und wurde als exzellent, gut, ausreichend und schlecht eingestuft. Weiterhin wurden der Zeitraum bis zur Wiederaufnahme der sportlichen Belastung und Komplikationen während und nach der RSWT Behand-



Abbildung 1

Partieller Abriss der proximalen calcanearen Apophyse (weißer Pfeil) bei einem 12-jährigen Fußballer. Ein akutes Ereignis war in der Anamnese nicht eruierbar

lung abgefragt. Die erreichte sportliche Belastbarkeit wurde in 4 Kategorien eingeteilt (nicht sportfähig, sportfähig aber in einer anderen Sportart, sportfähig in der gleichen Sportart aber nicht auf dem gleichen Niveau wie zuvor, gleiches oder höheres sportliches Niveau wie zuvor). Die sportliche Aktivität wurde darüber hinaus mit dem „Ankle activity score“ eingestuft (5).

RSWT

Alle Patienten wurden mit einem radialen extrakorporalen stoßwellentherapiegerät (Duolith SD 1, Storz Medical AG; Schweiz) behandelt. Die Behandlung erfolgte an der medialen und lateralen Fläche des posterioren Calcaneus entlang der apophysären Wachstumszone. Die Patienten erhielten 2-5 Behandlungssitzungen im Abstand von 3-90 (Median = 6,5) Tage. Bei jeder Sitzung wurden 1200 bis 2000 (Median = 2000) Impulse mit 1,6-2,4 (Median = 2,0) bar appliziert. Alle Behandlungen wurden ohne Lokalanästhesie durchgeführt.

Statistik

Wegen der kleinen Fallzahl erfolgte lediglich eine deskriptive Analyse (Median und Spannweite).

Ergebnisse

Zwischen 2005 und 2012 wurden 5 Patienten (3 Mädchen, 2 Jungs), die an einer therapieresistenten, symptomatischer Apophysitis calcanei litten, mit RSWT behandelt. Die Patienten waren 9-12 (Median = 12) Jahre alt. Vor der RSWT hatten sie 3-36 (Median = 5) Monate über Symptome geklagt. Die linke Ferse war bei 2 Patienten und die rechte bei 3 Patienten betroffen. Vor der RSWT hatten alle Patienten nicht auf andere konservative Behandlungsverfahren angesprochen. Sie waren wegen der ausgeprägten Symptomatik nicht in der Lage in ihrer Sportart aktiv zu sein. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung hatten alle 5 Patienten einen VISA-A-G Wert von 100 %.

Vier der fünf Patienten stufen die RSWT als erfolgreich ein. Ein Patient gab an, dass die RSWT nicht erfolgreich war. Dieser junge Fußballer wurde 3 Monate nach der RSWT wegen einer partiellen Abrissfraktur eines proximalen calcanearen Apophysenfragmentes mit begleitender Bursitis subachillea operativ behandelt (Abb. 1).

Tabelle 1

Patientendaten und Behandlungsergebnisse (PT=Physiotherapie, US=therapeutischer Ultraschall).

PATIENT [NO.]	ALTER [JAHRE]	GESCHLECHT (M/W)	BETROFFENE SEITE	KONSERVATIVE VORBEHANDLUNG	SYMPTOMATISCHER ZEITRAUM VOR RSWT (MONATE)
1	12	m	rechts	PT, US, Einlagen, Sportreduktion	4
2	9	w	links	PT,US, Taping, Einlagen, Sportreduktion	12
3	12	w	links	PT, Sportpause	3
4	12	m	rechts	Sportpause, Injektionen	5
5	12	w	rechts	PT, Einlagen, Sportreduktion	36

Alle 5 Patienten waren zum Zeitpunkt der telefonischen Evaluation zufrieden mit dem Behandlungsergebnis. Drei von fünf Patienten hatten ihre ehemalige sportliche Belastung mit gleicher, uneingeschränkter Intensität wieder aufgenommen. Einer der beiden verbleibenden Patienten hatte seine sportliche Aktivität wegen einer Wirbelsäulen- und Knieverletzung reduziert. Der andere reduzierte die sportliche Belastung aus persönlichen Gründen, die nicht im Zusammenhang mit der Apophysitis calcanei standen (Tab. 1). Vor der Verletzung hatten die Patienten einen Ankle activity score von 5-9 (Median = 9). Bei der Nachuntersuchung waren es 4-9 (Median = 7).

Negative Nebenwirkungen der RSWT wurden weder bei der Durchsicht der elektronischen Karteikarten erkannt, noch während des Telefoninterviews von den Patienten angegeben.

Diskussion

Bis vor kurzem galt die Applikation von Stoßwellen über Wachstumszonen als streng kontraindiziert (22). Entsprechend sind in der Literatur bisher keine Studien zu finden, in denen die Apophysitis calcanei mit extrakorporalen Stoßwellen behandelt wurde. In der hier vorgestellten, kleinen Fallserie war die RSWT therapeutisch effizient und sicher (nebenwirkungsfrei).

Das paradigmatische Verbot der Anwendung extrakorporaler Stoßwellen über Wachstumsfugen entsprach der Schlussfolgerung aus einer historischen Untersuchung. In einem kontrollierten Rattenexperiment wurde eine (unphysiologisch) hohe Energie (20 kV) in einer einzigen Sitzung auf die proximale Tibiaepiphyse appliziert, die dadurch mit einer lokal dysplastischen Schädigung reagierte (25). Im Gegensatz dazu konnte eine neuere Untersuchung diese schädigenden Effekte nicht mehr nachweisen. In einer Studie wurden Hundetibiae mit hochenergetischen, fokussierten extrakorporalen Stoßwellen behandelt, die in ihrer Intensität mit der Applikation am Mensch vergleichbar war. Dabei konnten keine schädigenden Effekte, aber im Gegensatz dazu sogar eine Tendenz zur Wachstumsaktivierung gezeigt werden (16). Aus diesen Ergebnissen schlussfolgerten die Autoren, dass eine extrakorporale Stoßwellentherapie über der menschlichen Wachstumszone nicht nur ungefährlich, sondern sogar therapeutisch nützlich sein könnte. Auch die hier präsentierte humane Pilotstudie zeigte entsprechend keine negativen Effekte der RSWT über der calcanearen apophysären Wachstumszone.

Grundsätzlich wird die Apophysitis calcanei als selbstlimitierender Prozess angesehen, der in der Regel mit und ohne Behandlung mit dem Schluss der apophysären Wachstumszone endet (7). Dieses Verhalten ähnelt dem beim Morbus Schlatte.

Bei den jungen Patienten handelt es sich vorwiegend um talentierte und ambitionierte Sportler, die in ihrem Sport durch diese Erkrankung im Verlauf ein bis zwei Jahre verlieren. Dadurch werden ihre Karriereperspektiven teilweise erheblich eingeschränkt. Aus diesem Grunde ist eine „Wait-and-see“ Strategie gegenüber den jungen Patienten, Eltern und den Trainern

meist nicht durchsetzbar. Der behandelnde Arzt muss nach Gesichtspunkten der Kosten-Nutzen-Analyse seine konservativen Behandlungsverfahren auswählen.

In der Literatur wird die Apophysitis calcanei allgemein als Überlastungsschaden beim noch nicht ausgereiften Skelettsystem angesehen (3,15). Die hier vorgestellten Befunde stützen diese These, weil alle unsere Patienten bereits ambitionierte Sportler waren. Entsprechend werden auch im MRT gelegentlich Stressödeme der metaphysären Region im Anschluss an die calcaneare Apophyse detektiert (17). Obwohl die Kernspintomographie nicht notwendigerweise in jedem Fall eingesetzt werden muss, sind wir der Ansicht, dass intraossäre Ödeme in vielen Fällen zu finden sind, wo die Sonografie und die Röntgenanalyse unauffällige Befunde zeigen.

In der Literatur ist ein Fall einer kompletten calcanearen Apophysenabrisssfraktur publiziert (8). Die proximale Apophysenabrisssfraktur, die in einem unserer Fälle dokumentiert ist, könnte theoretisch im Zusammenhang mit der Applikation der RSWT stehen. Die beginnende Avulsion wurde jedoch schon während der ersten Vorstellung des Patienten in unserer Sprechstunde diagnostiziert, während die RSWT erst vier Wochen später zur Anwendung kam. Zu diesem Zeitpunkt hatten wir die Hoffnung, dass durch die RSWT die bis dahin nur minimal dislozierten Fragmente sich wieder stabilisieren könnten. Eine Immobilisation wurde nicht durchgeführt. Aus der Literatur zur Behandlung der Pseudoarthrosen mit fokussierten extrakorporalen Stoßwellen ist bekannt, dass die Stoßwellen insbesondere dann wirksam sind, wenn eine externe oder interne Fixierung (Immobilisierung) der heilenden Fragmente zusätzlich erfolgt (2). Im Zusammenhang mit dieser Erkenntnis weisen wir darauf hin, dass die extrakorporale Stoßwellentherapie durch eine zusätzliche Immobilisation (zum Beispiel Gips) die Wahrscheinlichkeit einer Ausheilung erhöht hätte.

Der VISA-A Fragebogen wurde als verletzungsspezifisches Messinstrument entwickelt. Er misst den subjektiv empfundenen Schweregrad einer Achillodynie oder einer Bursitis subachillea auf der Grundlage von Schmerz und Funktion. Der VISA-A Fragebogen wurde bisher für die Achillodynie und für die Bursitis subachillea, nicht aber für die Apophysitis calcanei formal validiert (10,11). Wir glauben jedoch, dass dieser Fragebogen sich auch zur Analyse der Apophysitis calcanei eignet, die wohl ebenfalls eine Überlastungssymptomatik darstellt.

Bisher ist die Frage nicht beantwortet, ob fokussierte oder radiale Extrakorporale Stoßwellentherapie bei der Behandlung von Tendinopathien bessere Effekte aufweist (4). Für knöchernen Indikationen (Pseudoarthrosen) liegen bereits Level I Studien vor, die den Nutzen der fokussierten extrakorporalen Stoßwellentherapie auch im Vergleich mit operativen Interventionen belegen (2). Ergebnisse der RSWT bei knöchernen Indikationen sind bisher nicht publiziert. Eine Limitation dieser Pilotstudie ist der retrospektive Ansatz. Unter diesen Aspekten sollten zukünftige prospektive, randomisierte und kontrollierte Untersuchungen nicht nur den Nutzen der extrakorporalen Stoßwel-

SPORTART VOR ERKRANKUNG	SPORTART BEI DER NACHUNTERSUCHUNG	NACHUNTERSUCHUNGS-ZEITRAUM (JAHRE)	VISA-A-G SCORE BEI NACHUNTERSUCHUNG	ZUFRIEDENHEIT BEI DER NACHUNTERSUCHUNG	RSWT KOMPLIKATIONEN
Fußball	Fußball	7	100	Yes	No
Trampolin	Kampfsport	8	100	Yes	No
Triathlon	Triathlon	1	100	Yes	No
Fußball	Fußball	3	100	Yes	No
Turnen, Leichtathletik	Modern Dance	8	100	Yes	No

lenthherapie bei osteochondralen Schäden junger Sportler weiter beleuchten. Auch Studien zur differenziellen Indikation der fokussierten im Vergleich zur radialen extrakorporalen Stoßwellentherapie wären darüber hinaus für derartige Krankheitsbilder sinnvoll. Die hier vorgestellten retrospektiv erhobenen Daten wurden 1 bis 8 Jahre nach der Behandlung erfasst. Es ist daher nicht auszuschließen, dass lediglich der Spontanverlauf der Erkrankung beobachtet wurde, da auch keine Kontrollgruppe vorhanden ist. Insgesamt glauben wir, dass die Applikation von extrakorporalen Stoßwellen über Wachstumsfugen (osteochondralen Läsionen) als Paradigmenwechsel (vom Verbot zur Empfehlung) sich im Weiteren entwickeln wird. Die RSWT könnte ein neues Behandlungsverfahren für junge Patienten mit therapieresistenter und langwieriger Apophysitis calcanei werden. Diesbezüglich sollten kontrollierte Untersuchungen

sowohl den therapeutischen Nutzen darstellen im Vergleich zu dem prinzipiell selbstlimitierenden Spontanverlauf, aber sie sollten auch kritisch die Effekte an Wachstumsfugen untersuchen.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde bereits in englischer Sprache publiziert (Nauck T, Lohrer H: Paradigm shift: ESWT applied to growth plates. In: Lohrer H, Gerdemeyer L (Hrsg.). Shock Wave Therapy in Practice. Multidisciplinary medical applications. 1st Edition 2014, Leveho Buchverlag, Heilbronn); 70-80).

Die Autoren erhalten Vortragshonorare von Storz medical AG. Das Sportmedizinische Institut Frankfurt am Main erhält materielle und finanzielle Unterstützung von Storz medical AG. ■

Literatur

- ADIRIM TA, CHENG TL. Overview of injuries in the young athlete. *Sports Med.* 2003;33:75-81. doi:10.2165/00007256-200333010-00006
- CACCIO A, GIORDANO L, COLAFARINA O, ROMPE JD, TAVERNESE E. Extracorporeal shock-wave therapy compared with surgery for hypertrophic long-bone nonunions. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:2589-2597. doi:10.2106/JBJS.H.00841
- ELENGARD T, KARLSSON J, SILBERNAGEL KG. Aspects of treatment for posterior heel pain in young athletes. *Open Access Journal of Sports Medicine.* 2010;1:223-232.
- FOLDAGER CB, KEARNEY C, SPECTOR M. Clinical application of extracorporeal shock wave therapy in orthopedics: focused versus unfocused shock waves. *Ultrasound Med Biol.* 2012;38:1673-1680. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2012.06.004
- HALASI T, KYNSBURG A, TALLAY A, BERKES I. Development of a new activity score for the evaluation of ankle instability. *Am J Sports Med.* 2004;32:899-908. doi:10.1177/0363546503262181
- HENDRIX CL. Calcaneal apophysitis (Sever disease). *Clin Podiatr Med Surg.* 2005;22:55-62. doi:10.1016/j.cpm.2004.08.011
- HUNT GC, STOWELL T, ALNWICK GM, EVANS S. Arch taping as a symptomatic treatment in patients with sever's disease: a multiple case series. *Foot.* 2007;17:178-183. doi:10.1016/j.foot.2007.04.004
- IMAI Y, KITANO T, NAGAWARA K, TAKAOKA K. Calcaneal apophyseal avulsion fracture. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007;127:331-333. doi:10.1007/s00402-007-0297-8
- KVIST M, HEINONEN O. Calcaneal apophysitis (Sever's disease) – a common cause of heel pain in young athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 1991;1:235-238. doi:10.1111/j.1600-0838.1991.tb00303.x
- LOHRER H, NAUCK T. Cross-cultural adaptation and validation of the VISA-A questionnaire for German-speaking Achilles tendinopathy patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 2009;10:134. doi:10.1186/1471-2474-10-134
- LOHRER H, NAUCK T. Validation of the VISA-A-G questionnaire for German-speaking patients suffering from Haglund's disease. *Sportverletz Sportschaden.* 2010;24:98-106. doi:10.1055/s-0029-1245409
- LOHRER H, NAUCK T, SCHÖLL J, ZWERVER H, MALLIARPOULOS N. Extracorporeal Shock Wave Therapy for Patients Suffering from Recalcitrant Osgood-Schlatter Disease. *Sportverletz Sportschaden.* 2012;26:218-222.
- MADDEN CC, MELLION MB. Sever's disease and other causes of heel pain in adolescents. *Am Fam Physician.* 1996;54:1995-2000.
- MANUSOV EG, LILLEGARD WA, RASPA RF, EPPERLY TD. Evaluation of pediatric foot problems: Part II. The hindfoot and the ankle. *Am Fam Physician.* 1996;54:1012-1026.
- MICHELI LJ, IRELAND ML. Preventions and management of calcaneal apophysitis in children: an overuse syndrome. *J Pediatr Orthop.* 1987;7:34-38. doi:10.1097/01241398-198701000-00007
- NASSENSTEIN K, NASSENSTEIN I, SCHLEBERGER R. Effects of high-energy shock waves on the structure of the immature epiphysis—a histomorphological study. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2005;143:652-655. doi:10.1055/s-2005-836903
- OGDEN JA, GANEY TM, HILL JD, JAAKKOLA JI. Sever's injury: a stress fracture of the immature calcaneal metaphysis. *J Pediatr Orthop.* 2004;24:488-492. doi:10.1097/01241398-200409000-00007
- SARRAFIAN SK. Load transmission and arches of the foot. In: Sarrafian SK, editor. *Anatomy of the foot and ankle, descriptive, topographic, functional.* 2nd ed. Philadelphia, PA: JB Lippincott; 1993:557-60.
- SEVER J. Apophysitis of the os calcis. *New York Med J.* 1912;95:1025-1029.
- STAHLEI LT, ED. Sports/Foot and ankle. In: *Fundamentals of pediatric orthopedics, 2nd edn.* Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998:111-128.
- SZAMES SE, FORMAN WM, OSTER J, ELEFF JC, WOODWARD P. Sever's disease and its relationship to equinus: a statistical analysis. *Clin Podiatr Med Surg.* 1990;7:377-384.
- TISCHER T, HAUSDORF J, MAIER M, MILZ S, ZYSK S. ESWL aus der Sicht des Osteologen. *J Miner Stowechs.* 2004;11:29-35.
- VOLPON JB, DE CARVALHO FILHO G. Calcaneal apophysitis: a quantitative radiographic evaluation of the secondary ossification center. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2002;122:338-341.
- WALTER JH, NG GK. The evaluation of cleated shoes with the adolescent athlete in soccer. *Foot.* 2002;12:158-165. doi:10.1054/foot.2002.0729
- YEAMAN LD, JEROME CP, MCCULLOUGH DL. Effects of shock waves on the structure and growth of the immature rat epiphysis. *J Urol.* 1989;141:670-674.