



Zusammenfassung

Kinder sind heute sehr früh im Sport leistungsmäßig involviert. Durch den hohen Erwartungsdruck steigt die Trainingsintensität und damit Verletzungen. Verletzungen am Fuß und Sprunggelenk sind dabei besonders häufig. Bei Kindern und Jugendlichen ist es essentiell, sich über deren Entwicklungsstand bewusst zu sein. Besonders die Wachstumsfuge und das umliegende Weichteilgewebe ist anfällig für akute Verletzungen aber auch für Überbelastung. In diesem Übersichtsartikel werden über die häufigsten Verletzungen und orthopädische Probleme am Fuß und Sprunggelenk im Kindesalter berichtet.

Schlüsselwörter

Leistungssport– Überlastungsverletzungen– Traumata

K. Studer, C. Camathias

Overloading and trauma to the foot and ankle in sport in childhood

Summary

These days children are involved in sports with high performance very early. Due to the high pressure of expectation, the training intensity and thus injuries increase. Injuries to the foot and ankle are particularly common. In children and adolescents, it is essential to be aware of their level of development. Especially the growth plate and the surrounding soft tissue is susceptible to acute injuries but also to overloading. This review reports on the most common injuries and orthopedic problems in the foot and ankle in childhood.

Keywords

Competitive sport– Overload injury– Trauma in childhood

REVIEW / SPECIAL ISSUE

Überlastungsschäden und Traumata am Fuß und Sprunggelenk im Sport im Kindesalter

Kathrin Studer, Carlo Camathias

Praxis Zeppelin, St.Gallen

Eingegangen/submitted: 02.05.2019; akzeptiert/accepted: 23.07.2019

Online verfügbar seit/Available online: 31.8.2019

Einleitung

Kinder sind heute früher im Sport involviert mit damit verbundener höherer Intensität [1,2]. Hat man früher «auf der Straße gespielt», treten Kinder heute früher in einen Verein ein [2]. Damit ist nicht nur die frühere Spezialisierung in einer Sportart verbunden, auch die Erwartungen an die Leistungen im Training wie auch im Turnier werden immer höher. Die damit einhergehenden akuten Verletzungen wie auch Überlastungsschäden im Kindesalter nehmen zu [3,4]. Fuß- und Sprunggelenkverletzungen sind mit 30% der zweithäufigste Grund von Arzt-Konsultationen [5]. 46 bis 50% aller Verletzungen stellen Überlastungsschäden dar [6,7,8].

Bei Kindern und Jugendlichen ist es wichtig, sich über deren Entwicklungsstand und das noch bevorstehende Restwachstum im Klaren zu sein. Im Vergleich zum Erwachsenen sind unterschiedliche Verletzungsmuster ersichtlich.

Während des Wachstums entwickeln sich die Muskel- und Knochenstrukturen enorm. Insbesondere die Wachstumsfuge und das umgebende Weichteilgewebe sind deshalb anfällig für Verletzungen.

Akute Frakturen

Kindliche Athleten weisen bei offenen Wachstumsfugen andere Frakturmuster auf als Erwachsene. Die Wachstumsfuge ist der biomechanisch schwächste Ort im Knochen-Ligament-Komplex [9]. Analog zu Lauge-Hansen existiert auch bei den Kindern eine ähnliche Fraktur-Klassifikation [10].

Die häufigste Verletzungsform ist die Salter-Harris-I-Fraktur der distalen Fibula [11], welche aus einer Supination-Inversions-Bewegung resultiert. Diese Verletzung kann nicht immer radiologisch bewiesen werden, sondern basiert insbesondere auf der klinischen Untersuchung. Die Therapie beinhaltet die Ruhigstellung im Unterschenkelgips mit jedoch Vollbelastung für 3 bis 4 Wochen. Frakturen an der distalen Fibula führen eher selten zu Wachstumsstörungen. Bei dislozierten Frakturen kann aber ein frühzeitiger Fugenschluss und eine Valgus-Fehlstellung im oberen Sprunggelenk (OSG) resultieren.

An der distalen Tibia sind Frakturen des Typ Salter Harris II häufig. Diese müssen ggf. offen reponiert werden [12]. Bei Adoleszenten sind Übergangsfrakturen häufiger, wie die

Triplane-Fracture (Abb. 1) und juvenile Tillaux Fraktur. Gründe für diese Fraktur sind bei der Wachstumsfuge zu suchen, welche zuerst zentral und dann innerhalb ca. 18 Monaten von medial nach lateral sich verschließt. Um die genaue Diagnose zu stellen,

kann eine CT-Untersuchung hilfreich sein. Das Ausmaß der Dislokation wird meist erst in diesen Aufnahmen ersichtlich. Bei einer Dislokation der Gelenkfläche von mehr als 2 mm, sollte eine Reposition und Fixation der Fraktur durchgeführt werden. Fi-

xierungsmöglichkeit sind im Normalfall kanülierte Schrauben. Frakturen der distalen Tibia können zu Wachstumsstörungen [13] führen, weshalb Kontrollen bis 2 Jahre posttraumatisch empfohlen werden. Hierbei stellen Frakturen mit einem



Abbildung 1
Triplane fracture – 14-Jähriger mit St.n. Supinationstrauma.

Pronation-Außenrotations-Unfallmechanismus ein erhöhtes Risiko für einen frühzeitigen Fugenschluss dar [10]. Falls sich die Wachstumsstörung nicht von selbst wieder korrigiert, kann mittels Korrekturosteotomie, einer «physeal bar excision», oder Epiphyseodesse operativ interveniert werden [14].

Bei Adoleszenten mit Übergangsfrakturen ist eine Fehlstellung nicht in schwerem Ausmaß zu erwarten, da die distale Epiphysenfuge nur ca. 3 mm pro Jahr zum Wachstum beiträgt und damit nicht zu einer wesentlichen Beinlängen-Differenz oder Achsenabweichung in diesem Alter führen sollte [15]. Sport ist zwei Monate posttraumatisch möglich.

Kinder klagen häufig über Schmerzen an der Basis des Metatarsale V (MT V) [11]. Es ist vielfach nicht einfach, zwischen den Pathologien zu differenzieren: Apophysitis MT V (Iselin disease), Avulsionsfraktur der Basis oder einem zusätzlichen Knochenkern (Os vesalianum). Prinzipiell ist die Apophyse parallel zur Achse des MT V. Intraartikuläre Frakturen sind normalerweise quer und können bis zu einer Dislokation von weniger als 2–3 mm konservativ behandelt werden. Frakturen, die am meta-diaphysären Übergang auftreten (Jones-Frakturen) zeigen eine höhere Pseudarthrosenrate [16]. Um schwierige Diskussionen zu vermeiden, sollte deshalb die Familie frühzeitig über diese Komplikation informiert und eine operative Versorgung empfohlen werden. Bei allgemeinen Schmerzen in diesem Bereich, ohne radiologische Zeichen, sollte evaluiert werden, ob der Fuß aufgrund einer vermehrten Varusstellung für eine Einlagenversorgung in Frage kommt.

Obere Sprunggelenks-Distorsion (OSG-Distorsion)

OSG-Distorsionen machen ca. 25–30% aller Verletzungen im Sport

aus [17]. Beim kindlichen Athleten muss aber immer eine Verletzung der Wachstumsfuge ausgeschlossen werden.

Die Verletzung kann in drei Grade unterschieden werden:

Grad-I-Verletzungen mit Schwellung aber fehlender Instabilität können symptomatisch mit Eis, Ruhigstellung, Sportbeginn nach 1–2 Wochen erfolgen.

Grad-II-Verletzungen gehen einher mit vermehrtem Schmerz und deutlicher Schwellung und leichter Instabilität. Sportbeginn ist häufig erst nach 8–12 Wochen posttraumatisch möglich.

Grad-III-Verletzungen zeigen eine deutliche Instabilität [9]. Hier sollte auch an eine osteochondrale Läsion und die Gefahr der chronischen Instabilität gedacht werden [18]. Die frühe Therapie muss auf die Kräftigung der Peronealmuskulatur und Propriozeption/Koordinationstraining fokussieren. Mit diesem Therapieregime kann schneller zur normalen Aktivität übergegangen und Wiederverletzungen können vermieden werden [19]. Bei chronischer Instabilität kann eine operative Stabilisierung nötig werden [20,21]. Syndesmosenverletzungen sind selten, sollten aber in jedem Fall evaluiert werden [22]. Neben diesen Verletzungen kann sich auch eine Peronealsehnluxation verbergen, welche in 90% die Folge eines Sportunfalls ist [23]. Die anatomische Prädisposition ist vor allem bei Plattfuß, vermehrtem Rückfußvalgus und flachem retromalleolärem Sulcus gegeben. Akut kann hierbei eine Ruhigstellung für 6 Wochen in leichter Plantarflexion und Inversion hilfreich sein [23].

Turf toe

Ein «Turf toe» entsteht durch ein Hyperextension des MTP I Gelenkes, welche eine Kapselruptur verur-

sacht. Der Athlet klagt über Schmerzen beim Push-off. Grad I: Schmerz und Schwellung, aber mit Taping belastbar. Grad II: Bewegungseinschränkung, Hämatom und sollte mit Sportverbot für 1–2 Wochen behandelt werden. Grad III: starker Schmerz und keine Belastbarkeit der Großzehe, Sportverbot 4–6 Wochen [24]. Übersehen und unbehandelt, kann dies auch beim jungen Athleten längerfristig Probleme machen.

Osteochondrale Läsion/ Osteochondrosis dissecans

Osteochondrale Läsionen sind Folge eines akuten Traumas oder repetitiven Mikrotraumata. Diese Läsionen treten vermehrt bei jungen Patienten auf, da in der Adoleszenz der Knorpel besonders schwach ist [25]. Laterale Läsionen am Talus scheinen zum größten Teil traumatisch bedingt [26], während nur 64% der medialen auf ein Trauma zurückgeführt wird [27,28].

Osteochondrale Läsionen am Talus können in verschiedene Stadien eingeteilt und damit auch die Therapie angepasst werden [29]. Die Behandlung sieht konservatives Vorgehen bei stabilen Läsionen vor. Versagt die konservative Therapie, wird empfohlen, die Läsion retrograd anzubohren (evtl. auch durch den Sinus tarsi) und gleichzeitig arthroskopisch zu kontrollieren. Die Wachstumsfuge sollte nicht durchbohrt werden. Sollte sich die Läsion lösen, kann sie debridiert und eine Mikrofrakturierung durchgeführt werden. Fragmente, die größer als 1.5 cm oder größer als 1/3 der Gelenksfläche sind, sind empfohlen zu refixieren [30]. Insgesamt ist man beim Jugendlichen allgemein großzügig mit dem Versuch der Refixation. Einen klaren Konsens gibt es hier aber nicht. Meist kann dies nur mittels Arthrotomie bzw. Osteotomie des

medialen Malleolus erfolgen [26,28,30–34].

Tarsale Koalition

Die tarsale Koalition stellt eine abnormale knöcherne, bindegewebige oder knorpelige Verbindung zwischen zwei Knochen am Rück- und Mittelfuß dar. Oft resultiert daraus eine verminderte subtalare Beweglichkeit, welche dann wiederum Einfluss auf die Biomechanik des OSG nimmt. Kinder mit starken Knickplattfüßen (Abb. 2) oder rezidivierenden OSG-Distorsionen müssen auf eine mögliche tarsale Koalition untersucht werden [35]. Die klinische Untersuchung zeigt häufig eine

eingeschränkte Beweglichkeit im unteren Sprunggelenk (USG) im Vergleich zur Gegenseite.

Andere Hinweise können ein rigider Knickplattfuß, oder aber auch «spastische» Peronealsehnen sein [36]. Als Basisuntersuchung ist ein Röntgenbild anterior-posterior ap, seitlich und schräg empfohlen [35]. Weiterführende Bildgebung ist MRT oder CT.

Wichtig ist, sich bewusst zu werden, dass zu Beginn fibröse Koalitionen bestehen, die womöglich auf dem CT noch nicht dargestellt werden. Deshalb ist unsere Wahl beim jungen Athleten das MRI (Abb. 3).

Konservativ kann der Fuß mit einer Einlage und zusätzlich physiotherapeutischen Übungen versorgt

werden. Eine weitere Option kann die vorübergehende Ruhigstellung im Unterschenkelgips für 4–6 Wochen darstellen. Bei persistierenden Schmerzen erfolgt die operative Intervention. Hierbei wird die Koalition großräumig entfernt und ein Interponat aus Knochenwachs, Fett oder auch Sehnen zur Vermeidung eines Rezidivs in den entstandenen Hohlraum gestopft [37].

Überbelastung/Apophysitiden/Osteochondrosen

Überbelastungen entstehen bei hoher Belastung auf eine sich im Umbau befindendliche unreife Knochenstruktur. Muskuläre Dysbalancen aufgrund eines Wachstumschubes mit steiferen und verkürzten Muskeln sind häufig und prädisponieren für Verletzungen an den Wachstumsfugen und Sehnenansätzen [4,38]. Solche Verletzungen können die Knorpelzellen der Wachstumsfuge schädigen und eine Wachstumsstörung provozieren. Die Resistenz der Wachstumsfuge gegenüber mechanischem Stress (Kompression und Scherkräfte) ist tief [39]. Auch ist sie fünf Mal schwächer als das umgebende Weichteilgewebe [40]. Die Zone der provisorischen Kalzifikation ist der schwächste Punkt in der Epiphysenfuge. Deshalb kann repetitiver Zug zur Irregularität und zu Fehlern im Mineralisierungsprozess führen.

Gründe für Überlastung sind vor allem bei intrinsischen Faktoren zu suchen: die körperliche Entwicklung und Reife, der BMI, das Geschlecht, anatomische Varianten (Beinachse, Torsion) und die allgemeine Beweglichkeit. Extrinsische Faktoren beeinflussen die Wahrscheinlichkeit für Überlastung ebenfalls. Es sind dies ungeeignete Trainingsmethoden, ungenügende Ausrüstung oder auch die Umwelt, wie ein harter



Abbildung 2
Kindlicher Knickplattfuß.

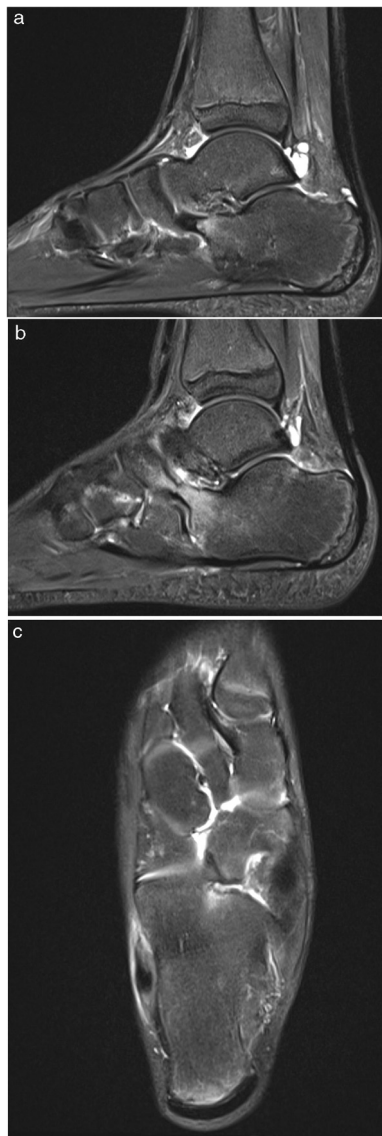


Abbildung 3

Symptomatische Coalitio calcaneonavicularis bei einem Kunstturner.

Untergrund [4,41]. Häufig sind die Jugendlichen für zu schnell aufgebaute Belastung nicht bereit [42]. Teilweise muten sich Jugendliche große Leistungen zu, obwohl deren körperliche Fitness sie gar nicht zulässt. Fehlende Pausen nach solchen Leistungen steigern die Verletzungsgefahr bei jungen Athleten. Problematisch zeigt sich dabei die frühe Konzentration und Spezialisierung auf einen einzelnen Sport [43].

Eine Apophyse ist ein Wachstumszentrum, an welcher eine Sehne inseriert. Apophysitiden treten typischerweise vermehrt während eines Wachstumsschubes auf. Sie sind Ausdruck des repetitiven Zuges der Sehne am knöchern-knorpeligen Ansatz. Überlastungsschäden der Apophyse zeigen sich im MRI durch ein Ödem am angrenzenden Knochen. Die Wachstumsfuge verbreitert sich [44–46]. Die Abgrenzung zum chro-

nischen Infekt (chronische Osteomyelitis) oder eines neoplastischen Geschehens kann sich manchmal schwierig gestalten [47]. Das Risiko einer Apophysitis besteht in einem frühzeitigen Fugenschluss [48].

Die «Iselin Apophysitis» (am MT V) äußert sich mit Schmerzen am lateralen Fußrand (Insertion der Sehne des M. peroneus brevis). Die Sever's disease (Apophysitis calcanei) entsteht am Calcaneus-Ossifikationszentrum durch den Zug des Gastrocnemius-Soleus-Komplexes [49,50]. Der Fersenschmerz als solches ist eine der häufigsten Gründe für eine Vorstellung beim Kinderarzt oder Kinderorthopäden. Sie tritt bei Mädchen zwischen 8 und 10 Jahren und bei Jungen zwischen 10 und 12 Jahren auf. Für die Apophysitis calcanei ist in der klinischen Untersuchung der Heel Squeeze Test wegweisend [50]. Hierbei wird die Ferse mit der Hand umfasst und eine Kompression der Apophyse durchgeführt. Differentialdiagnostisch muss bei sehr starken Fersenschmerzen an eine Stressfraktur des Calcaneus gedacht werden. Bei stark symptomatischen Fersenschmerzen ist deshalb eine CT- oder MRT-Untersuchung indiziert. Bei positiven Befunden kann der Fuß zur Entlastung vorübergehend in einem Gips ruhig gestellt werden [51].

Ebenfalls davon abzugrenzen ist die Achillessehnentendinitis. Diese tritt bei den Adoleszenten auf, wenn das Fußwachstum schon nahezu abgeschlossen ist. Der Schmerz tritt über der Sehne auf und kann eine Verdickung oder Schwellung zeigen. Die Therapie beinhaltet wie beim Fersenschmerz die Dehnung der Wadenmuskulatur, falls diese klinisch verkürzt ist. Ggf. kann auch eine Rückfuß-korrigierende Einlagenversorgung mit Fersenweichbettung evaluiert werden.

Spezieller muss die Haglund Ferse beim Sportler betrachtet werden,

bei der ein knöcherner Sporn auf die Achillessehne drückt und damit die Beschwerden verursacht. Obwohl der Sporn operativ entfernt werden kann, ist die konservative Therapie Mittel der Wahl mit einer Schuhzurichtung. Nur selten muss operativ vorgegangen werden [52].

Zuviel Zug an der Insertion der Achillessehne bei zudem noch abnormaler Fußstellung (Plattfuß, Hohlfuß) fördert auch die Entstehung einer Plantarfasziitis. In schweren Fällen kann dies zu Entzündung, Degeneration und lokaler Verdickung der Plantarfaszie führen [53]. Eine genaue Analyse der Vor- und Rückfuß-Stellung ist essentiell. Physiotherapeutische Aufdehnung der Plantarfaszie sowie eine individuelle Einlagenversorgung lindern die Symptomatik. PRP-Injektionen sind beim Kind

und Jugendlichen nicht der Standard und sind wissenschaftlich nach wie vor Teil von Diskussion nach gesichertem Benefit [54,55]. Häufiger Ort von Überbelastung ist ein Os tibiale externum. Bei starkem zugrundeliegenden Knicksenkfuß ist das Risiko höher, dass das Os tibiale externum symptomatisch wird [56]. Insbesondere aber auch beim sportlichen jungen Patienten kann eine Einlagenversorgung nicht volle Symptomfreiheit bringen und eine operative Exzision frühzeitig zielführend sein [57] (Abb. 4).

Die Prävention der Überlastungen nimmt bei diesen Pathologien einen entscheidenden Platz ein. Aufgeklärte und sensibilisierte Athleten (und Eltern) können dazu beitragen, dass solche Überlastungen gar nicht erst entstehen [2].

Stressfrakturen

Stressfrakturen treten auf, wenn der Knochen sich auf die Belastung nicht mehr adäquat einstellen kann. Ein Missverhältnis zwischen Knochenresorption und Knochenbildung entsteht [58]. Es wird mehr resorbiert, denn neu gebildet. In einer ersten Phase zeigt das MRI diese Knochenresorption und lokale Osteopenien. Schreitet diese Entwicklung weiter, können Mikrofrakturen in den Trabekulae entstehen und schlussendlich zur vollständigen Stressfraktur führen.

Am Fuß lokalisieren sich Stressfrakturen am häufigsten an der Metatarsale II oder III, sowie am Os cuboideum, Talus und Calcaneus (Abb. 5). Zugrundeliegende Fehlstellungen der unteren Extremität müssen evaluiert werden. Die Stressreaktion kann isoliert an einem Ort, häufig aber auch in mehreren Knochen gleichzeitig auftreten [59]. Die Stressfraktur kann in eine Pseudarthrose übergehen. Vor allem an der anterioren Tibia, am Malleolus medialis, Talus, Os Naviculare, Metatarsale V und Sesamoid Knochen werden höhere Pseudarthrosenraten gesehen [58].

Stressfrakturen am Os naviculare kommen bei Hürdenspringern, Basketballern oder Langstreckenläufern vor. Diese Frakturen sind teilweise schwierig zu behandeln. Sie gelten als Hoch-Risiko-Frakturen, da die Gefahr der avaskulären Nekrose AVN besteht [60,60,61]. Da das konventionelle Röntgenbild in der akuten Situation meist keine Auffälligkeit zeigt, sollte die Indikation zur MRI daher großzügig gestellt werden [62].

Bei Schmerzen über dem Metatarso-Phalangeal-Gelenk (MTP-Gelenk) muss ebenfalls an eine Fraktur der Os sesamoid gedacht werden. Man sollte sich aber nicht täuschen lassen, zeigen doch 5 bis 30% ein Os



Abbildung 4
Os tibiale externum bei aktivem Handballer prä- und postoperativ.

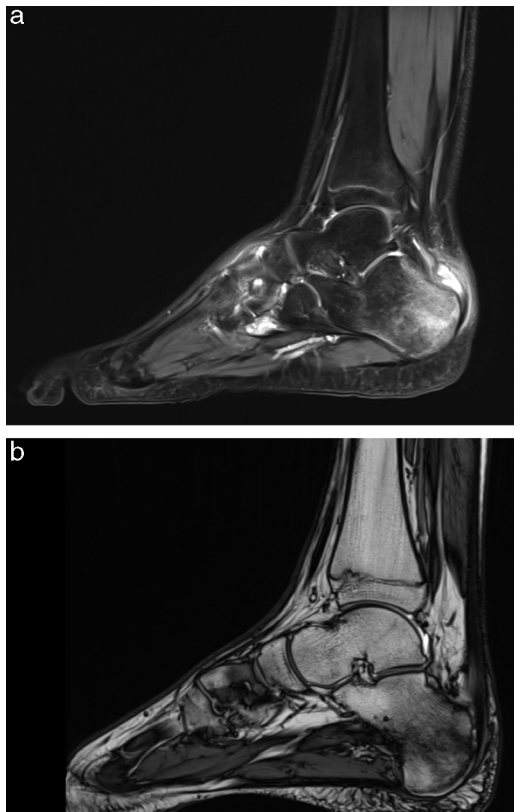


Abbildung 5
Fußballer mit Hohlfuß: Stressreaktion und Stressfraktur im Calcaneus nach deutlicher Erhöhung der Trainingsfrequenz.

bipartita und keine Fraktur [63–65]. Die sehr selten indizierte Exzision des Os sesamoid wird empfohlen bei avaskulärer Nekrose oder wenn die konservative Therapie versagt [66].

Die Stressfraktur kann im MRI in verschiedene Stadien eingeteilt werden [60,67]. Es besteht aber keine Korrelation zwischen klinischer Symptomatik und MRI-Schweregrad. Der Schmerz im Verlauf ist ein schlechter Parameter, um die Heilung zu monitorisieren. Weitere Kontrollen im MRI werden empfohlen, um die Belastbarkeit des jungen Athleten besser zu beurteilen [67].

Sollte sich die Symptomatik nicht in adäquater Zeit verbessern, sollte auch immer an eine endokrinologische Ursache (Vitamin D-Mangel,

hormonelle Störung etc.) gedacht werden.

Anteriores Impingement

Dies tritt häufig bei Sportarten mit extremer Dorsalflexion. Es kann knöchern wie weichteilig bedingt sein. Es kann zur Irritation der distalen Tibia oder des Talushals führen, welche zu einer Art Exostose/Osteophytenbildung führt [11,68,69]. Ursachen können vorangegangene, distale osteochondrale Frakturen der Tibia, OSG-Distorsionen mit Einklemmung des anterioren talofibularen Ligaments, oder bei rezidivierenden Distorsionen die Entwicklung einer «meniskoiden» Läsion zwischen Fibula und Talus (Hyerplasie

und Fibrose der Synovia und umliegenden Weichteil/Bandgewebes) sein, was in der Folge Schmerzen und Schwellung verursacht [69–72]. Es kann schwierig sein, die Ursache im MRI zu diagnostizieren. Die definitive Diagnose kann daher in der OSG-Arthroskopie gestellt werden. Hierbei können auch arthroskopisch Osteophyten oder auch verdicktes Weichteilgewebe entfernt werden [70].

Posteriores Impingement

Sportarten mit deutlicher Plantarflexion (wie Ballet) können Schmerzen im dorsalen OSG auslösen. Häufig klemmt die hypertroph, entzündete, posteriore Kapsel ein, bspw. mit einem Os trigonum, einer Tendinitis der Sehne des M. flexor hallucis longus (FHL) oder einem akzessorischem Muskel [73]:

Das akzessorische Ossifikationszentrum am posterolateralen Teil des Talus fusioniert meistens 1 Jahr, nachdem es sich gebildet hat (bei Mädchen im Alter von 9–11 Jahren, beim Jungen zwischen 11–14 Jahren) [74]. Wenn es nicht fusioniert, besteht es als Os trigonum weiter, welches bei ca. 10% der Bevölkerung vorkommt. Bei starker Belastung in Plantarflexion kann es einklemmen oder sogar frakturieren [75,76]. Junge Athleten mit einem symptomatischen Os trigonum präsentieren sich mit Schmerzen posterior der Peronealsehnen und reproduzierbarem Schmerz in Plantarflexion. Bei Tänzern mit Schmerzen posteromedial ist eine FHL-Tendinitis häufig. Chronische Entzündungen verdicken die Sehne und können zu einer Kompression gegen das Tuberculum laterale am Talus führen. In schweren Fällen ist ein operatives Release der FHL-Sehne oder Entfernung des Os trigonum notwendig [8,77].

Zusammenfassung

Fuß- und Sprunggelenkverletzungen beim jungen Athleten sind häufig. Wichtig dabei ist die Differenzierung zwischen Überlastungsreaktion und akuten Traumata mit unterschiedlichen Verletzungsmustern. Akute Verletzungen an der Epiphysenfuge oder osteochondrale Läsionen können beispielsweise gerne primär verpasst werden, weshalb es bei klinischen Anzeichen einer akuten Verletzung einer großzügigen radiologischen Diagnostik bedarf. Bei den Überlastungsreaktionen ist es Teil der Therapie, das Umfeld des jungen Athleten mit einzubeziehen. Die Belastung muss an die jeweilige körperliche Leistungsfähigkeit angepasst werden. Schwachstellen wie z.B. zu kurze Muskulatur sollten frühzeitig erkannt werden. In jedem Fall ist es essentiell, bei der Behandlung von Kindern und Jugendlichen die Entwicklung der Kinder und die Anatomie des heranwachsenden Skeletts zu kennen. Nur so kann die Therapie an die Verletzung in dem jeweiligen Alter angepasst werden.

Interessenkonflikt

Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

Literatur

- [1] J.P. DiFiori, H.J. Benjamin, J.S. Brenner, A. Gregory, N. Jayanthi, G.L. Landry, et al., Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine, *Br J Sports Med.* 48 (4) (2014) 287–288.
- [2] J.S. Brenner, Council On Sports M Fitness. Sports Specialization and Intensive Training in Young Athletes, *Pediatrics.* 138 (3.) (2016).
- [3] E.M. Wojtyś, Sports injuries in the immature athlete, *Orthop Clin North Am.* 18 (4) (1987) 689–708.
- [4] D. Caine, N. Maffulli, C. Caine, Epidemiology of injury in child and adolescent sports: injury rates, risk factors, and prevention, *Clin Sports Med.* 27 (1) (2008) 19–50, vii.
- [5] T.L. Pommering, L. Kluchurosky, S.L. Hall, Ankle and foot injuries in pediatric and adult athletes, *Prim Care.* 32 (1) (2005) 133–161.
- [6] K.G. Roos, S.W. Marshall, Z.Y. Kerr, Y.M. Golightly, K.L. Kucera, J.B. Myers, et al., Epidemiology of Overuse Injuries in Collegiate and High School Athletics in the United States, *Am J Sports Med.* 43 (7) (2015) 1790–1797.
- [7] A.N. Schroeder, R.D. Comstock, C.L. Collins, J. Everhart, D. Flanagan, T.M. Best, Epidemiology of overuse injuries among high-school athletes in the United States, *J Pediatr.* 166 (3) (2015) 600–606.
- [8] W.G. Hamilton, M.J. Geppert, F.M. Thompson, Pain in the posterior aspect of the ankle in dancers Differential diagnosis and operative treatment, *J Bone Joint Surg Am.* 78 (10) (1996) 1491–1500.
- [9] M.L. Omev, L.J. Micheli, Foot and ankle problems in the young athlete, *Med Sci Sports Exerc.* 31 (7 Suppl) (1999) S470–S486.
- [10] A. Binkley, C. Mehlman, E. Freeh, Salter-Harris II Ankle Fractures in Children: Does Fracture Pattern Matter? *J Orthop Trauma.* (2019).
- [11] H.G. Chambers, Ankle and foot disorders in skeletally immature athletes, *Orthop Clin North Am.* 34 (3) (2003) 445–459.
- [12] T.F. Kling Jr., R.W. Bright, R.N. Hensinger, Distal tibial physeal fractures in children that may require open reduction, *J Bone Joint Surg Am.* 66 (5) (1984) 647–657.
- [13] V.M. Goldberg, R. Aadalen, Distal tibial epiphyseal injuries: the role of athletics in 53 cases, *Am J Sports Med.* 6 (5) (1978) 263–268.
- [14] K.A. Lalonde, M. Letts, Traumatic growth arrest of the distal tibia: a clinical and radiographic review, *Can J Surg.* 48 (2) (2005) 143–147.
- [15] A. Barmada, T. Gaynor, S.J. Mubarak, Premature physeal closure following distal tibia physeal fractures: a new radiographic predictor, *J Pediatr Orthop.* 23 (6) (2003) 733–739.
- [16] J.S. Torg, F.C. Balduini, R.R. Zelko, H. Pavlov, T.C. Peff, M. Das, Fractures of the base of the fifth metatarsal distal to the tuberosity. Classification and guidelines for non-surgical and surgical management, *J Bone Joint Surg Am.* 66 (2) (1984) 209–214.
- [17] H.B. Barker, B.D. Beynon, P.A. Renstrom, Ankle injury risk factors in sports, *Sports Med.* 23 (2) (1997) 69–74.
- [18] W. Petersen, I.V. Rembitzki, A.G. Koppenburg, A. Ellermann, C. Liebau, G.P. Bruggemann, et al., Treatment of acute ankle ligament injuries: a systematic review, *Arch Orthop Trauma Surg.* 133 (8) (2013) 1129–1141.
- [19] C.M. Bleakley, S.R. O'Connor, M.A. Tully, L.G. Rocke, D.C. Macauley, I. Bradbury, et al., Effect of accelerated rehabilitation on function after ankle sprain: randomised controlled trial, *BMJ.* 340 (2010) c1964.
- [20] M.S. Kocher, P.D. Fabricant, A.Y. Nasreddine, N. Stenquist, D.E. Kramer, J.T. Lee, Efficacy of the Modified Brostrom Procedure for Adolescent Patients With Chronic Lateral Ankle Instability, *J Pediatr Orthop.* 37 (8) (2017) 537–542.
- [21] J.S. Marsh, J.P. Daigneault, G.K. Polzhofer, Treatment of ankle instability in children and adolescents with a modified Chrisman-Snook repair: a clinical and patient-based outcome study, *J Pediatr Orthop.* 26 (1) (2006) 94–99.
- [22] L.A. Wilkerson, Ankle injuries in athletes, *Prim Care.* 19 (2) (1992) 377–392.
- [23] H.D. Clarke, H.B. Kitaoka, R.L. Ehman, Peroneal tendon injuries, *Foot Ankle Int.* 19 (5) (1998) 280–288.
- [24] T.O. Clanton, J.J. Ford, Turf toe injury, *Clin Sports Med.* 13 (4) (1994) 731–741.
- [25] R. Flachsman, N.D. Broom, A.E. Hardy, G. Moltschanivskyj, Why is the adolescent joint particularly susceptible to osteochondral shear fracture? *Clin Orthop Relat Res.* 381 (2000) 212–221.
- [26] K.Y. Lam, H.M. Siow, Conservative treatment for juvenile osteochondritis dissecans of the talus, *J Orthop Surg (Hong Kong).* 20 (2) (2012) 176–180.
- [27] S.T. Canale, R.H. Belding, Osteochondral lesions of the talus, *J Bone Joint Surg Am.* 62 (1) (1980) 97–102.
- [28] A.H. Alexander, D.M. Lichtman, Surgical treatment of transchondral talar dome fractures (osteochondritis dissecans), Long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 62 (4) (1980) 646–652.
- [29] A.L. Berndt, M. Harty, Transchondral fractures (osteochondritis dissecans) of the talus, *J Bone Joint Surg Am.* 41-A (1959) 988–1020.

- [30] R.A. Benthien, R.J. Sullivan, M.S. Aro-now, Adolescent osteochondral lesion of the talus Ankle arthroscopy in pe-diatric patients, *Foot Ankle Clin.* 7 (3) (2002) 651–667.
- [31] A.B. Flick, N. Gould, Osteochondritis dissecans of the talus (transchondral fractures of the talus): review of the literature and new surgical approach for medial dome lesions, *Foot Ankle.* 5 (4) (1985) 165–185.
- [32] W.S. Taranow, G.A. Bisignani, J.D. Towers, S.F. Conti, Retrograde drilling of osteochondral lesions of the medial talar dome, *Foot Ankle Int.* 20 (8) (1999) 474–480.
- [33] C.D. Murawski, J.G. Kennedy, Operative treatment of osteochondral lesions of the talus, *J Bone Joint Surg Am.* 95 (11) (2013) 1045–1054.
- [34] A. Leumann, M. Horisberger, O. Buett-ner, M. Mueller-Gerbl, V. Valderrabano, Medial malleolar osteotomy for the treatment of talar osteochondral le-sions: anatomical and morbidity con-siderations, *Knee Surg Sports Trau-matol Arthrosc.* 24 (7) (2016) 2133–2139.
- [35] D.B. O'Neill, L.J. Micheli, Tarsal coaliti-on. A followup of adolescent athle-tes, *Am J Sports Med.* 17 (4) (1989) 544–549.
- [36] D.M. Stormont, H.A. Peterson, The re-lative incidence of tarsal coalition, *Clin Orthop Relat Res.* 181 (1983) 28–36.
- [37] S.J. Swensen, N.Y. Otsuka, Tarsal Coa-litions–Calcaneonavicular Coalitions, *Foot Ankle Clin.* 20 (4) (2015) 669–679.
- [38] A. Arnold, C.A. Thigpen, P.F. Beattie, M.J. Kissenberth, E. Shanley, Overuse Physeal Injuries in Youth Athletes, *Sports Health.* 9 (2) (2017) 139–147.
- [39] R.L. Larson, R.O. McMahan, The epi-physes and the childhood athlete, *JAMA.* 196 (7) (1966) 607–612.
- [40] JA O. Skeletal Injury in the Child. 2000; New York, Springer.
- [41] T. McGuine, Sports injuries in high school athletes: a review of injury-risk and injury-prevention research, *Clin J Sport Med.* 16 (6) (2006) 488–499.
- [42] J.Y. Margulies, A. Simkin, I. Leichter, A. Bivas, R. Steinberg, M. Giladi, et al., Effect of intense physical activity on the bone-mineral content in the lower limbs of young adults, *J Bone Joint Surg Am.* 68 (7) (1986) 1090–1093.
- [43] N. Jayanthi, C. Pinkham, L. Dugas, B. Patrick, C. Labella, Sports specializa-tion in young athletes: evidence-based recommendations, *Sports Health.* 5 (3) (2013) 251–257.
- [44] T. Laor, D. Jaramillo, MR imaging in-sights into skeletal maturation: what is normal? *Radiology.* 250 (1) (2009) 28–38.
- [45] T. Laor, E.J. Wall, L.P. Vu, Physeal wi-dening in the knee due to stress injury in child athletes, *AJR Am J Roentgenol.* 186 (5) (2006) 1260–1264.
- [46] C. Jaimes, M. Jimenez, N. Shabshin, T. Laor, D. Jaramillo, Taking the stress out of evaluating stress injuries in children, *Radiographics.* 32 (2) (2012) 537–555.
- [47] M.A. Stevens, G.Y. El-Khoury, M.H. Ka-thol, E.A. Brandser, S. Chow, Imaging features of avulsion injuries, *Radiogra-phics.* 19 (3) (1999) 655–672.
- [48] K. Ecklund, D. Jaramillo, Patterns of premature physeal arrest: MR imaging of 111 children, *AJR Am J Roentgenol.* 178 (4) (2002) 967–972.
- [49] C.W. Kim, K. Shea, H.G. Chambers, Heel pain in children. Diagnosis and treat-ment, *J Am Podiatr Med Assoc.* 89 (2) (1999) 67–74.
- [50] L.J. Micheli, M.L. Ireland, Prevention and management of calcaneal apophys-itis in children: an overuse syndrome, *J Pediatr Orthop.* 7 (1) (1987) 34–38.
- [51] J.A. Ogden, T.M. Ganey, J.D. Hill, J.I. Jaakkola, Sever's injury: a stress frac-ture of the immature calcaneal meta-physis, *J Pediatr Orthop.* 24 (5) (2004) 488–492.
- [52] M.M. Stephens, Haglund's deformity and retrocalcaneal bursitis, *Orthop Clin North Am.* 25 (1) (1994) 41–46.
- [53] R. Kier, Magnetic resonance imaging of plantar fasciitis and other causes of heel pain, *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2 (1) (1994) 97–107.
- [54] A. Mishra, J. Woodall Jr., A. Vieira, Treatment of tendon and muscle using platelet-rich plasma, *Clin Sports Med.* 28 (1) (2009) 113–125.
- [55] G. Filardo, B. Di Matteo, E. Kon, G. Merli, M. Marcacci, Platelet-rich pla-sma in tendon-related disorders: results and indications, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 26 (7) (2018) 1984–1999.
- [56] D.M. Knapik, H.D. Archibald, K.K. Xie, R. W. Liu, A retrospective study on factors predictive of operative intervention in symptomatic accessory navicular, *J Child Orthop.* 13 (1) (2019) 107–113.
- [57] H. Jegal, Y.U. Park, J.S. Kim, H.S. Choo, Y.U. Seo, K.T. Lee, Accessory Navicular Syndrome in Athlete vs General Popu-lation, *Foot Ankle Int.* 37 (8) (2016) 862–867.
- [58] H.R. Galloway, Overuse injuries of the lower extremity, *Radiol Clin North Am.* 51 (3) (2013) 511–528.
- [59] M.H. Niva, M.J. Sormaala, M.J. Kiuru, R. Haataja, J.A. Ahovuo, H.K. Pihlaja-maki, Bone stress injuries of the ankle and foot: an 86-month magnetic reso-nance imaging-based study of physi-cally active young adults, *Am J Sports Med.* 35 (4) (2007) 643–649.
- [60] M.J. Kiuru, H.K. Pihlajamaki, J.P. Per-kio, J.A. Ahovuo, Dynamic contrast-enhanced MR imaging in symptomatic bone stress of the pelvis and the lower extremity, *Acta Radiol.* 42 (3) (2001) 277–285.
- [61] N.J. Potter, P.D. Brukner, M. Makdissi, K. Crossley, Z.S. Kiss, C. Bradshaw, Navicular stress fractures: outcomes of surgical and conservative manage-ment, *Br J Sports Med.* 40 (8) (2006) 692–695, discussion 5.
- [62] A.G. Bergman, M. Fredericson, MR ima-ging of stress reactions, muscle inju-ries, and other overuse injuries in run-ners, *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 7 (1) (1999) 151–174, ix.
- [63] M.E. Van Hal, J.S. Keene, T.A. Lange, W.G. Clancy Jr., Stress fractures of the great toe sesamoids, *Am J Sports Med.* 10 (2) (1982) 122–128.
- [64] R. Biedert, Which investigations are required in stress fracture of the great toe sesamoids? *Arch Orthop Trauma Surg.* 112 (2) (1993) 94–95.
- [65] A. Hulkko, S. Orava, P. Pellinen, J. Puranen, Stress fractures of the sesa-moid bones of the first metatarsophal-langeal joint in athletes, *Arch Orthop Trauma Surg.* 104 (2) (1985) 113–117.
- [66] E.G. Richardson, Injuries to the hallu-cal sesamoids in the athlete, *Foot Ank-le.* 7 (4) (1987) 229–244.
- [67] B.R. Beck, A.G. Bergman, M. Miner, E. A. Arendt, A.B. Klevansky, G.O. Mathe-son, et al., Tibial stress injury: rela-tionship of radiographic, nuclear me-dicine bone scanning, MR imaging, and CT Severity grades to clinical se-verity and time to healing, *Radiology.* 263 (3) (2012) 811–818.
- [68] R. Meeusen, J. Borms, Gymnastic inju-ries, *Sports Med.* 13 (5) (1992) 337–356.
- [69] S. Farooki, L. Yao, L.L. Seeger, Ante-rolateral impingement of the ankle: effectiveness of MR imaging, *Radiolo-gy.* 207 (2) (1998) 357–360.

- [70] D.J. Ogilvie-Harris, M.K. Gilbert, K. Chorney, Chronic pain following ankle sprains in athletes: the role of arthroscopic surgery, *Arthroscopy*. 13 (5) (1997) 564–574.
- [71] J.R. McCarroll, J.W. Schrader, K.D. Shelbourne, A.C. Rettig, M.A. Bisesi, Meniscoid lesions of the ankle in soccer players, *Am J Sports Med*. 15 (3) (1987) 255–257.
- [72] F.H.3rd Bassett, H.S.3rd Gates, J.B. Billys, H.B. Morris, P.K. Nikolaou, Talar impingement by the anteroinferior tibiofibular ligament. A cause of chronic pain in the ankle after inversion sprain, *J Bone Joint Surg Am*. 72 (1) (1990) 55–59.
- [73] E.S. Sijbrandij, A.P. van Gils, E.E. de Lange, Overuse and sports-related injuries of the ankle and hind foot: MR imaging findings, *Eur J Radiol*. 43 (1) (2002) 45–56.
- [74] D.A. Mc, The os trigonum, *J Bone Joint Surg Br*. 37-B (2) (1955) 257–265.
- [75] M.R. Hedrick, A.M. McBryde, Posterior ankle impingement, *Foot Ankle Int*. 15 (1) (1994) 2–8.
- [76] J.J. Marotta, L.J. Micheli, Os trigonum impingement in dancers, *Am J Sports Med*. 20 (5) (1992) 533–536.
- [77] G.J. Kolettis, L.J. Micheli, J.D. Klein, Release of the flexor hallucis longus tendon in ballet dancers, *J Bone Joint Surg Am*. 78 (9) (1996) 1386–1390.

Korrespondenzadresse:

E-Mail: kathrin.studer@hotmail.com

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect



ELSEVIER

Marcel Fischer
Advertising Management

Kirchgasse/Vicolo della chiesa 3
I-39030 Olang/Valdaora (BZ)
Italien-Südtirol/Italia-Alto Adige

mailto:marcel.fischer@elsevier.com
Phone: +39 0474 496 665
Mobil: +39 3480159984