

K. Nowack^{1,2}, W. Schlickewei^{1,2}

Apophysenverletzungen

Avulsion injuries

Zusammenfassung: Apophysen sind sekundäre Ossifikationszentren, die – altersabhängig – im Ansatzbereich von Sehnen auftreten und durch enchondrale Ossifikation entstehen. Bedingt durch hormonelle und mechanische Einflüsse besteht altersabhängig eine verminderte mechanische Belastbarkeit der Apophysenregion. Voneinander abzugrenzen sind 2 Verletzungsformen: Der Apophysenausriss, der als akute Verletzung infolge einer ruckartigen maximalen Muskelanspannung entsteht, und die Apophysenlösung, die ihren Ursprung in Folge repetitiver Mikrotraumen bei chronischer Überbelastung findet. Im Zuge dieser Unterscheidung sind sowohl anamnestische Hinweise als auch klinische und radiologische Befunde von Bedeutung. Hierdurch lässt sich eine sichere Unterscheidung von Apophysenabrissen und Apophysenlösungen treffen. Vorgestellt werden in nachfolgendem Artikel Charakteristika und Besonderheiten von Apophysenverletzungen

Schlüsselwörter: *Fraktur, Apophysenverletzung, Apophysenlösung, Avulsionsverletzungen, Frakturen im Kindes- und Jugendalter*

Zitierweise

Nowack K, Schlickewei W: Apophysenverletzungen. OUP 2013; 12: 588–592. DOI 10.3238/oup.2013.0588–0592

Abstract: The apophysis is an ossification nucleus near tendon insertion, that occurs dependent on the age before the apophysis finally fuse. Stability of the apophysis is influenced by hormonal and mechanical influences, that lead – depending on the age – to an reduced stability of the apophysis. Apophyseal avulsion fractures are relatively rare injuries. 2 different types of injuries have to be distinguished: acute or chronic avulsion of the ossifying tendon insertion. Anamnesis, clinical and radiological findings help to make a distinction between the 2 different types of apophyseal avulsion fractures. This article gives a summary of characteristics of avulsion fractures.

Keywords: *apophysis, avulsion fractures, pelvic fractures, acute and chronic avulsive injuries, pediatric fracture*

Citation

Nowack K, Schlickewei W: Avulsion injuries. OUP 2013; 12: 588–592. DOI 10.3238/oup.2013.0588–0592

Das Skelettwachstum wird im Bereich von Epi- und Apophysen generiert. Im folgenden Artikel soll auf Besonderheiten und Charakteristika der Apophysenläsionen näher eingegangen werden.

Allgemeines

Pathomechanismus/Charakteristika

Apophysen sind sekundäre Ossifikationszentren, die im Ansatzbereich von Sehnen auftreten. Sie entstehen durch enchondrale Ossifikation [1].

Sie treten, einem biologischen Alter zugeordnet, im 2. Lebensdezennium auf und fusionieren mit dem angrenzenden

Knochen im weiteren Altersgang [1, 2]. Dieses Ossifikationszentrum ist mit einer Wachstumsknorpelfuge verbunden, die im Sinne einer Spina Tuberositas konfiguriert und bei Wachstumsabschluss ossifiziert [1].

Besondere Verletzungsgefahr und -anfälligkeit besteht gegen Ende der Apophysenfusion. Insbesondere die beiden letzten Jahre vor der endgültigen Apophysenfugenmineralisation stellen einen Zeitraum erhöhter Vulnerabilität dar [3].

Dafür werden verschiedene Ursachen verantwortlich gemacht:

- Durch hormonelle Veränderungen – wie eine vermehrte wachstumsassoziierte Ausschüttung des Somatotropen

Hormons (STH) – kommt es zu einer Verminderung der mechanischen Belastbarkeit der Apophysenregion [4].

- Das Längenwachstum der Knochen führt zu einer vermehrten Zugspannung auf den umhüllenden Muskelmantel, die zudem mit einer zunehmenden Dysbalance und vornehmlichen Verkürzung der gelenküberbrückenden Muskulatur vergesellschaftet ist [1].
- Die biomechanische Belastbarkeit des Sehnenansatzes wird durch den Ossifikationskern im Sehnenansatz verändert, da die einstrahlenden Kollagenfaserbündel der Sehnen durch den Ossifikationskern unterbrochen und umgelenkt werden [1].

¹ St. Josefskrankenhaus Freiburg

² Bruder-Klaus-Krankenhaus Waldkirch

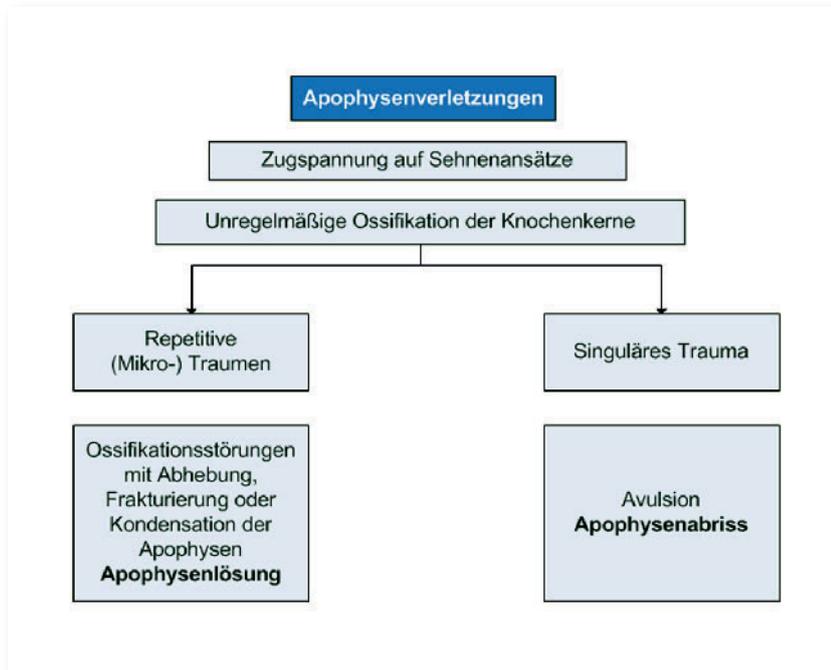


Abbildung 1 Darstellung des unterschiedlichen Pathomechanismus bei Apophysenlösungen bzw. Apophysenabrissverletzungen [10].

Typ I	Undislozierte Frakturen
Typ II	Dislozierte Frakturen ≤ 2 cm
Typ III	Dislozierte Frakturen ≥ 2 cm
Typ IV	Symptomatische Pseudarthrose oder schmerzhafte Exostose

Tabelle 1 Klassifikation der Apophysenverletzungen nach Martin und Pipkin, modifiziert nach McKinney [3, 11]:

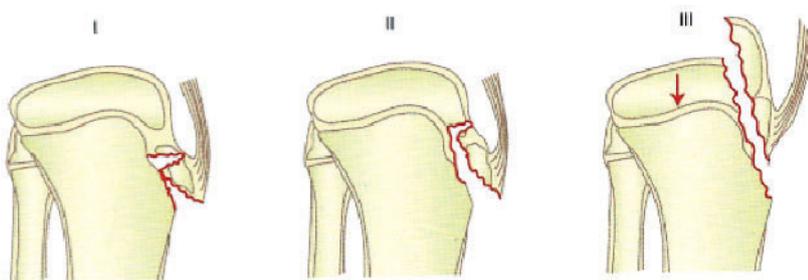


Abbildung 2 Klassifikation der Apophysenverletzungen im Bereich der Tuberositas Tibiae nach Ogden Typ I-III. Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlags nach [12].

Typ I	Isolierter Apophysenabriss
Typ II	Fraktur der Tuberositas Tibiae ohne Gelenkbeteiligung
Typ III	Abriss der Tibia-Apophyse mit Gelenkfraktur

Tabelle 2 Klassifikation der Apophysenverletzungen im Bereich der Tuberositas Tibiae nach Ogden Typ I-III [12], zu Abb. 2.

Die Apophysen stellen somit einen Locus minoris resistentiae im Wachstumsalter dar [5].

Lokalisation

Die häufigsten Lokalisationen der Apophysenschädigungen stellen die Kniegelenkregion (30 %), die Beckenregion (23 %), die Wirbelsäule (20 %) und das proximale Femur (19 %) dar [6].

Schädigungsformen

Im Zusammenhang mit Verletzungen und Schädigungen der Apophysenregionen werden 2 Schädigungsformen unterschieden:

Der **Apophysenabriss** tritt als **akute** Verletzung infolge einer ruckartigen maximalen Muskelanspannung auf. Die **Apophysenerkrankung/-lösung** entwickelt sich als Folge von repetitiven Mikrotraumen bei chronischer Überbelastung.

In der klinischen und gutachterlichen Praxis wird diese Unterscheidung nicht regelhaft angewandt, was zu Fehleinschätzungen hinsichtlich der gutachterlichen Beurteilung und der Zusammenhangsfrage führen kann.

Akute Apophysenverletzung bzw. Apophysenabriss

Apophysenverletzungen treten meist mit sportlicher Aktivität assoziiert auf. Das Prädilektionsalter liegt zwischen dem 12. und 16. Lebensjahr. Jungen sind deutlicher häufiger betroffen als Mädchen, was im Vorhandensein vermehrter Muskelmasse, der unterschiedlichen hormonellen Situation und einer geschlechtstypischen Sportausübung begründet ist [1].

Typischerweise sind zweigelenkige Muskeln betroffen. Während ein Gelenk in Endstellung die Muskelgruppe vorspannt, führt eine ruckartige Streckbewegung des anderen Gelenkes zur Schädigung des apophysären Sehnenansatzes (Beispiel Hürdenschritt mit Hüftflexion mit akzentuierter Streckbewegung im Kniegelenk) [1].

Klinisch zeigt sich ein akuter Schmerzbeginn und eine schmerzhafte Funktionseinschränkung. Begleitend zeigen sich ein lokaler Druckschmerz und lokale Schwellungen oder Hämatomver-

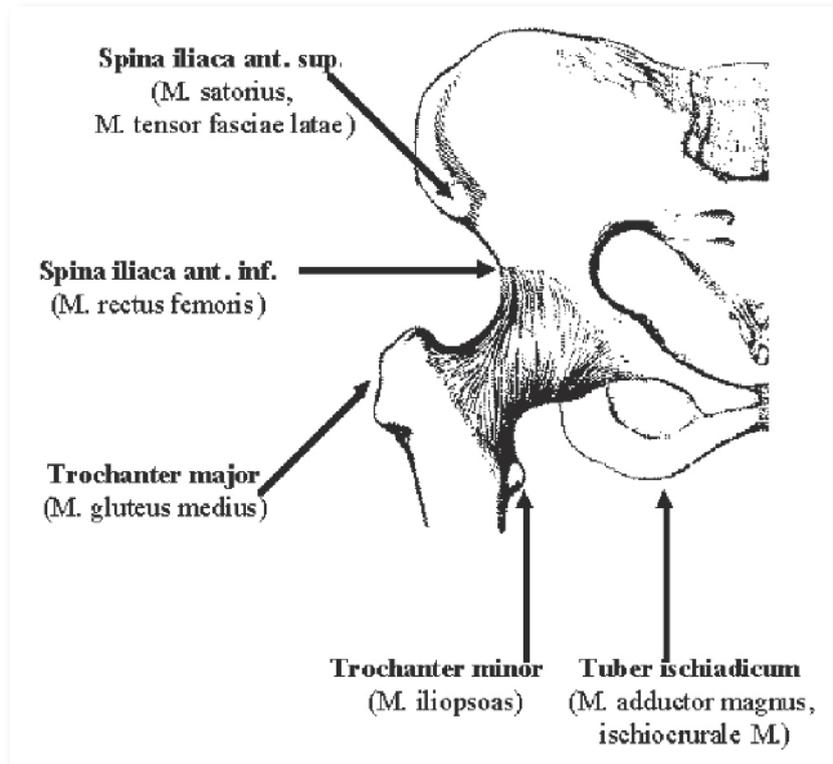


Abbildung 3 Lokalisation von Apophysenabrissen im Bereich des Beckens sowie am proximalen Oberschenkel (in Klammern ist jeweils der Muskel angegeben, dessen Kontraktion zum Apophysenabriss führt). Abdruck mit freundlicher Genehmigung aus [15].

färbungen. In Folge der Zugbelastung kommt es zur Dislokation, was zumeist einen sicheren radiologischen Nachweis der Verletzung ermöglicht.

Apophysenerkrankung bzw. -lösung

Bei der Apophysenerkrankung bzw. -lösung liegt ursächlich eine chronische Überbelastung der Apophysenregion vor. Es kommt zu Ossifikationsstörungen mit partieller Abhebung, Frakturierung oder Kondensierung der Apophysen [1]. Die Pathogenese ist vergleichbar mit der der „Epiphysiolysis Capitis Femoris“ [7]. Zu beobachten ist eine vermehrte Knorpelzellteilung mit ausbleibender Zellreifung, was zu einer fehlenden Ausbildung von Knorpelsäulen und einer Desintegration und Störung der Vernetzung der Kollagenfibrillen mit entsprechender Verknöcherungsstörung der Metaphysengrenzen führt. Somit ist die Apophysenlösung als schicksalhaft und im „gutachterlichen Sinne“ als unfallunabhängig einzuschätzen.

Merkmale sind eine im Vergleich zu Apophysenverletzungen eine „längere“

Anamnese und eine „mehrzeitige“ Entstehung. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist die fehlende Dislokation der Apophyse, was die radiologische Diagnostik erschweren kann [9]. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Pathomechanismen und Charakteristika bei Apophysenlösungen und Apophysenabrissverletzungen.

Diagnostik

Die Basis der Diagnostik stellt eine exakte Anamnese, die klinische Untersuchung und eine native Röntgenaufnahme der verletzten Region (in 2 Ebenen) dar.

Ergänzend kommen dazu auch radiologische Schnittbildverfahren zur Anwendung (Computertomografie und Kernspintomografie), die eine exaktere Bilanzierung der Verletzung und des Dislokationsgrades zulassen und Aufschluss über evtl. vorliegende zusätzliche Begleitverletzungen (z.B. Kniebinnenverletzungen) geben. Zusätzlich kann mithilfe der Schnittbilddiagnostik – z.B. bei Vorliegen eines Knochenmark-

ödems, lokaler Hämatoome, etc. – eine zuverlässige Abgrenzung zwischen der Apophysenlösung und dem akuten Apophysenabriss erfolgen.

Differenzialdiagnosen

Im Falle einer überschießenden Knochenbildung im ehemaligen Apophysenbereich sollte u.a. ein mögliches Vorliegen folgender Differenzialdiagnosen erwogen werden [15]:

- Myositis ossificans,
- Osteochondrom,
- Enchondrom,
- Chondrosarkom.

Klassifikation

Klassifikationssysteme existieren u.a. für Apophysenverletzungen im Beckenbereich und im Kniegelenksbereich, siehe Tabellen 1 und 2.

Therapie

Die Therapie ist abhängig von der Verletzungsart, der -lokalisierung und dem Ausmaß der Dislokation.

Zumeist ist ein **konservatives Vorgehen** zu empfehlen [14]. Sinnvoll erscheinen initiale Schonung oder Ruhigstellung bzw. eine kurzzeitige Entlastung. Begleitend kommen neben einer physiotherapeutischen Übungsbehandlung antiphlogistische Maßnahmen und eine angepasste Analgesie zur Anwendung [3]. Nach Erreichen der Schmerzfreiheit kann eine vorsichtige und schrittweise Aufbelastung erfolgen. Begleitend sollten dann Bewegungsübungen und ein zunehmender Muskelaufbau durchgeführt werden. Die erneute Sportaufnahme wird durch die klinische Einschätzung von Schmerz, Bewegungsumfang und lokaler Druckdolenz gesteuert, im allgemeinen ist nach 8–12 Wochen die Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität möglich [15].

Ein **operatives Vorgehen** wird zumeist nicht empfohlen, da eine sichere Refixation kleinerer Apophysenfragmente nicht gelingt [3]. Bei größeren Fragmenten und starker Dislokation (> 2 cm) kann eine Refixation erwogen werden [3]. Bei chronischen Beschwerden durch Ausbildung einer Pseudarthrose (insbesondere bei stark dislozierter Apophyse) und Entwicklung einer



Abbildung 4 a-b Apophysenausrisssverletzung im Bereich der linken Spina iliaca anterior superior. Durchgeführt wurde eine konservativ-symptomatische Therapie mit initialer Entlastung, adäquater Schmerztherapie und physiotherapeutischer Übungsbehandlung. Ein Belastungsaufbau erfolgte nach 3–4 Wochen, die Wiederaufnahme der Sportausübung nach ca. 10 Wochen.



Abbildung 5 Apophysenausrisssverletzung im Bereich der Spina iliaca anterior inferior rechts. Auch hier wurde eine konservativ-symptomatische Therapie mit initialer Entlastung, adäquater Schmerztherapie und physiotherapeutischer Übungsbehandlung durchgeführt.



Abbildung 6 a-c Epi- und Apophysenverletzung im Bereich der Tuberositas tibiae.

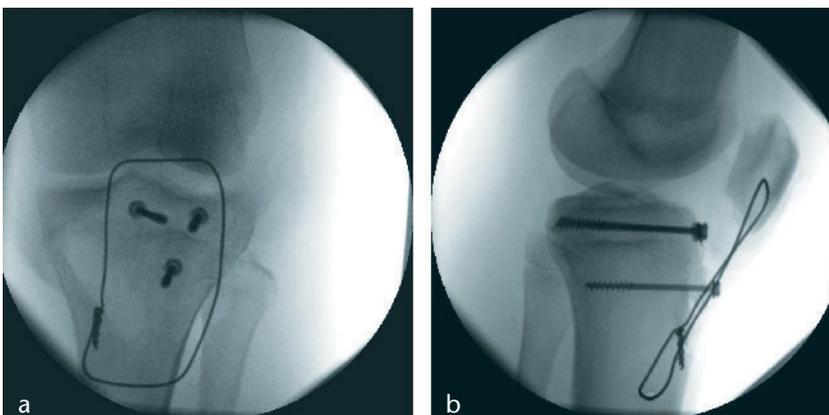


Abbildung 7 a-b Schraubenosteosynthese der Epi- und Apophysenverletzung im Bereich der Tuberositas tibiae. Zusätzliche Anlage einer McLaughlin-Cerclage zur Zugentlastung.

Exostose durch überschießende Kallusbildung kann ebenfalls eine operative Revision erwogen werden [15].

Für Apophysenverletzungen mit Gelenk- bzw. Gelenkflächenbeteiligung wird bei Vorliegen einer stärkeren Dislokation die chirurgische Intervention empfohlen. Ziel ist eine anatomische Reposition und eine korrekte Wiederherstellung der Gelenkfläche. Ebenso ist zu bedenken, dass eine ausgedehnte Kallusreaktion lokal zu Beschwerden führen kann [13]. Die Operation sollte zeitnah nach gründlicher Vorbereitung und Verletzungsbilanzierung erfolgen.

Im Bereich des **Kniegelenks** wird eine offene Reposition und operative Stabilisierung des Fragmentes für Avulsionen mit intraartikulärer Beteiligung und für Dislokationen > 2–3 mm empfohlen [13]. Zumeist kommen auch hier Schraubennosteosynthesen zur Anwendung. Kurz vor bzw. nach erfolgtem Fugenschluss kann auch eine „fugenkreuzende“ Osteosynthese durchgeführt werden, ohne dass relevante Wachstumsstörungen erwartet werden müssen [13]. Der operative Zugangsweg orientiert sich am Dislokationsgrad der Verletzung und an der erforderlichen Reposition. Postoperativ wird



Abbildung 8 a-c Apophysenverletzung im Bereich der Tuberositas tibiae. Operative Versorgung mittels Schraubenosteosynthese.

eine Ruhigstellung im Oberschenkelgips-tutor (angelegt in 5–10° Flexion) für 4–6 Wochen empfohlen, ehe mit dem physiotherapeutischen Aufbautraining begonnen werden kann [13]. Nachfolgend kann eine schrittweise Belastungssteigerung erfolgen. Eine volle Sportfähigkeit wird frühestens ca. 12 Wochen nach dem Unfallereignis erreicht [3].

Fallbeispiele

Die folgende Übersicht zeigt typische Lokalisationen für Apophysen-/Avulsionsverletzungen am juvenilen Beckenskelett [14] (s. auch Abb. 3). Die Abbildungen 4–8 zeigen Fallbeispiele für Apophysenverletzungen am Becken und Kniegelenk.

- Avulsionsverletzung der Spina iliaca anterior superior.
- Avulsion der Spina iliaca anterior inferior,

- Avulsion aus dem Trochanter minor,
- Avulsion aus dem Trochanter major,
- Avulsionsverletzung des Tuber ischiadicum des Sitzbeines (Os ischii).

Die Prognose der Avulsionsverletzungen am juvenilen Beckenskelett ist als gut einzuschätzen. In der Regel kann konservativ behandelt werden [14]. Ein operatives Vorgehen kann bei größeren und deutlich dislozierten Apophysenausrissen im Bereich der Spina iliaca anterior superior alternativ in Betracht gezogen werden.

Fazit

Apophysen sind sekundäre Ossifikationszentren, die – altersabhängig – im Ansatzbereich von Sehnen auftreten und durch enchondrale Ossifikation entstehen. Bedingt durch hormonelle und mecha-

nische Einflüsse besteht altersabhängig eine verminderte mechanische Belastbarkeit der Apophysenregion. Apophysenverletzungen sind selten. Voneinander abzugrenzen sind 2 Verletzungsformen: Der Apophysenausriss, der als akute Verletzung infolge einer ruckartigen maximalen Muskelanspannung entsteht und die Apophysenlösung, die ihren Ursprung in Folge repetitiver Mikrotraumen bei chronischer Überbelastung findet.

Häufigste Lokalisationen sind die Kniegelenksregion und das Becken. Im Bereich des Beckens ist zumeist ein konservatives Vorgehen möglich, bei Verletzungen der Kniegelenksregion ist bei Dislokation auch ein operatives Vorgehen mit Rekonstruktion der Gelenkfläche und des knöchernen Ansatzes des Bandapparates indiziert. Bei adäquater Durchführung der Therapie lassen sich Apophysenverletzungen zumeist mit guten Ergebnissen behandeln. 

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors bestehen.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Klaus Nowack
RKK Klinikum
St. Josefskrankenhaus Freiburg
Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie
und Kindertraumatologie
Sautierstraße 1, 79104 Freiburg
Klaus.Nowack@rkk-klinikum.de

Literatur

1. Nehrner S, Huber W, Dirisamer A et al. Apophysenschäden bei jugendlichen Sportlern. *Radiologe* 2002; 42: 818–822
2. Pöschl M. Juvenile Osteochondronekrosen. In: Pöschl M (Hrsg) *Handbuch der medizinischen Radiologie*, Bd V/4. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1971; 824
3. Ruffing T, Danko T, Muhm M et al. Traumatische Apophysenlösung des Trochanter Minor. *Unfallchirurg* 2012; DOI 10.1007/s00113-012-2165-4
4. Morscher M, Desaulles PA. Die Festigkeit des Wachstumsknorpels in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. *Schweiz Med Wochenschr* 1964; 17: 582
5. Ogden JA, Hempton RF, Southwick WO. Development of the tibial tuberosity. *Anat Rec* 1975; 182: 431
6. Segesser B, Morscher E, Goesele A. Störungen der Wachstumsfugen durch sportliche Überlastung. *Orthopäde* 1995; 24: 446–456
7. Steinbrueck A, Hocke S, Heimkes B. Apophyseolysis of the greater trochanter through excessive sports: a case report. *Am J Sports Med* 2011; 39: 195–198
8. Schröter F. Kausalitätsprüfung bei Apophysenschäden: Ablösung versus Ausriß. *Med Sach* 2013; 109–115
9. Siebert W, Wegner U. Schädigung der Apophysen und Epiphysen. *Prakt Orthop* 1993; 23: 207–217
10. Nowack K, Schlickewei W. Beckenring- und Apophysenverletzungen im Kindes- und Jugendalter. Eingereicht zur Publikation, *Der Unfallchirurg*, Springer Verlag
11. McKinney B, Nelson C, Carrion W et al. Apophyseal avulsions fractures of the hip and pelvis. *Orthopedics* 2009; 32 (1): 42
12. Rose S. Kniegelenk. In: *Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2011: 377–407
13. Schneidmueller D, Gercek E, Lehnert M et al. Frakturen der proximalen Tibia. *Unfallchirurg* 2011; 114: 396–402
14. Uhl M, Geiger J, Strohm P C. Skeletttraumatologie im Wachstumsalter. *Radiologie* 2011; 51: 719–736
15. Wolff R. Apophysenausrisse. *Deutsche Zeitung für Sportmedizin* 2000; 51 (9): 305–306