



## Kindliche kniegelenknahe Avulsionen

Kindliche kniegelenknahe Avulsionen sind seltene Verletzungen, die v. a. ältere Kinder bzw. Jugendliche im Rahmen von Sportunfällen betreffen. Die Inzidenz beträgt ca. 3 pro 100.000 pro Jahr [9]. Sie machen ca. 2–5 % aller kindlichen Knieverletzungen aus, wobei ca. 1 % der Apophysenfrakturen die proximale Tibia betreffen [14]. Der Altersgipfel der betroffenen Kinder und Jugendlichen liegt bei 8 bis 14 Jahren [22]. Erklärt wird dies einerseits durch hormonelle Umstellungsprozesse und durch das schnelle Längenwachstum der Knochen, das zu erhöhter Spannung und Kraft der gelenkübergreifenden Muskulatur führt. Andererseits werden die mangelnde Ausreifung motorisch koordinativer Bewegungsabläufe und verschiedene Reifestadien von kindlichem Knorpel und apophysärem Knochen als Erklärung angeführt [7, 19]. Ursache für die Avulsionsverletzungen sind v. a. Sportverletzungen. Während es bei Sprungsportarten wie Basketball, Volleyball oder Leichtathletik häufig durch plötzliche, explosionsartig aufgetretene Anspannungen des vorgespannten M. quadriceps zu knöchernen Tuberositas-tibiae-Ausrissen kommt, werden knöcherner Kreuzbandausrisse entweder durch ein kombiniertes Valgusrotations-trauma (vorderes Kreuzband [VKB]), ein Hyperextensionstrauma oder einen direkten Anprall der Tuberositas tibiae im Rahmen eines Sturzes (hinteres Kreuzband [HKB]) verursacht [10, 16, 19].

### Diagnostik

Vor der Durchführung apparativer Diagnostik sollten die Kinder und Ju-

gendlichen oder im Zweifel Eltern oder Augenzeugen nach dem Unfallhergang befragt werden. Im akuten Verletzungsstadium beschränkt sich die klinische Untersuchung häufig auf die Inspektion (Weichteil- und Schwellungszustand?) und Palpation (Gelenkerguss?). Sofern es die Schmerzen zulassen, sollte jedoch eine dezidierte Stabilitätsprüfung des Kniebandapparates erfolgen. Danach wird zunächst eine Röntgenaufnahme des Kniegelenks in 2 Ebenen durchgeführt. Diese kann in den meisten Fällen

knöcherner Avulsionen sichtbar machen. In den Fällen, in denen eine klinische Untersuchung nicht ausreichend möglich ist oder der Unfallmechanismus unklar ist, sollte eine weiterführende Diagnostik mittels Magnetresonanztomographie (MRT) durchgeführt werden. Bei Verdacht auf einen Luxationsmechanismus empfiehlt sich die Kontrastmittelgabe zum Ausschluss von Intimaverletzungen der A. poplitea. Da eine MRT bei jüngeren Kindern aufgrund der mangelnden Compliance häufig nicht möglich



**Abb. 1** ▲ a Dislozierte Avulsion der Tuberositas tibiae bei einem 12-jährigen Jungen. b Intraoperativer Situs nach Exploration und nach interner Fixation mit Kortikalisschrauben und 2 Fadenankern. c Postoperative Röntgenbilder



**Abb. 2** ◀ a Dislozierter knöcherner VKB (vorderes Kreuzband)-Ausriss Typ 4 nach Meyers und McKeever sowie mediale Tibiakopffraktur und Außenmeniskus-Hinterhornriss. b, c Transossäre Refixation des VKB mittels resorbierbarer Kordel, Außenmeniskusnaht mit fortlaufenden All-inside-Nähten und arthroskopisch assistierte Schraubenosteosynthese des medialen Tibiaplateaus

ist, kann auch die schneller durchzuführende CT (Computertomographie)-Angiographie notwendig sein, um den Gefäßstatus sicher zu überprüfen. Bei röntgenologisch sicher diagnostizierten kniegelenknahen Avulsionen und gut untersuchbarem Kniegelenk kann ggf. auch auf eine weiterführende Diagnostik verzichtet werden.

### Klassifikationen

Knöcherne Avulsionen der Tuberositas tibiae werden üblicherweise nach Og-

den eingeteilt [16]. Dieser Klassifikation wurden später weitere Subtypen von Frankl et al. [5], Ryu et al. [18] und McKoy et al. [12] hinzugefügt. Die gebräuchlichste Klassifikation für knöcherne VKB-Risse ist die nach Meyers und McKeever [13], die 1977 von Zaricznyj erweitert wurde [2]. Sie beschreibt 4 Subtypen, wobei Typ 1 nicht disloziert ist und Typ 4 eine dislozierte Mehrfragmentavulsion des VKB darstellt. Die knöchernen HKB-Ausrisse werden in 3 Typen – nicht disloziert, disloziert mit Kontakt

des Fragmentes zur proximalen Tibia und komplett disloziert – unterteilt [4, 17].

### Therapie

In vielen Fällen von kniegelenknahen Avulsionsverletzungen besteht die Indikation für eine operative Therapie. Allenfalls nicht dislozierte Frakturen können konservativ behandelt werden und bedürfen dann einer regelmäßigen klinischen und radiologischen Verlaufskontrolle [17, 20].

Dislozierte Apophysenfrakturen der Tuberositas tibiae werden in der Regel offen reponiert und verschraubt ([12, 14]; **Abb. 1**). Ein minimalinvasives Vorgehen sollte unseres Erachtens nur zur Absicherung von nicht oder wenig dislozierten Frakturen genutzt werden. Bei dislozierten Avulsionen kommt es in der Regel zum Einschlagen des noch gut ausgeprägten Periostes in den Frakturspalt, was eine geschlossene Reposition erschwert bzw. unmöglich macht. Alternativ zur Schraubenosteosynthese kann auch eine Drahtcerclage verwendet werden [15].

Die Möglichkeiten für die operative Therapie der knöchernen Kreuzbandausrisse sind vielfältig, sie reichen von direkten offenen Verschraubungen über Knochenanker bis zu arthroskopisch durchgeführten Repositionen mittels Fadencerclage [10]. Vorteile arthroskopischer Verfahren sind die Möglichkeit, Begleitverletzungen wie Meniskusrisse einzeitig mitbehandeln zu können.

Die verschiedenen Refixationstechniken wurden in biomechanischen Studien gut untersucht [1, 3]. Es konnte gezeigt werden, dass Fadencerclagetechniken sowohl eine signifikant höhere maximale Versagenslast als auch eine höhere Steifigkeit als Refixationen mittels Schraubenosteosynthesen aufweisen [1]. Des Weiteren ist die Fadencerclage über einen Endobutton auch einer Refixation mit Knochenankern im Hinblick auf die Stabilität überlegen [8]. Die Wahl des Materials der Fadencerclage, resorbierbar oder nichtresorbierbar, scheint nach einer kürzlich veröffentlichten Studie keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis zu haben ([21]; **Abb. 2**). In den beiden Gruppen zeigten sich nach einem durchschnittlichen Follow-up von

28 bzw. 47 Monaten sowohl in den klinischen Scores (International Knee Documentation Committee [IKDC] und Lysholm) als auch in den radiologischen Ergebnissen (Einheilung des Knochens) und der a.-p.-Translation keine Unterschiede. Da bei Verwendung resorbierbarer Cerclagen mit Verknotung über eine Knochenbrücke keine dauerhaften Implantate im Körper verbleiben, sollten diese unseres Erachtens in der Versorgung kindlicher knöcherner VKB-Avulsionen standardmäßig verwendet werden. Das arthroskopische Vorgehen wird auch durch eine aktuell veröffentlichte Multicenterstudie zu Meniskusrissen bei kindlichen VKB-Ausrissen unterstützt. Feucht et al. [11] konnten zeigen, dass es in 54 Fällen in fast 40 % zu begleitenden Meniskusrissen gekommen war, wobei zu 90 % der laterale Meniskus betroffen war. Deshalb empfehlen die Autoren eine präoperative MRT-Diagnostik und eine arthroskopische Therapie, um Meniskusrisse sofort mitbehandeln zu können.

Im Hinblick auf die operative Therapie von dislozierten HKB-Ausrissen kann unseres Erachtens keine eindeutige Empfehlung für eine arthroskopische Refixation gemacht werden, da diese Operationstechnik gerade in der akuten Verletzungsphase technisch äußerst schwierig und aufwendig ist. Hämarthros und eine ggf. zusätzlich eingerissene posteriore Gelenkkapsel führen zu einer verlängerten Operationsdauer und dem Risiko eines durch Spülflüssigkeit ausgelösten Kompartmentsyndroms. Andererseits bietet die diagnostische Arthroskopie die Möglichkeit, Begleitverletzungen wie Meniskusrisse und Knorpelschäden sofort mitzubehandeln.

Die offene Refixation über einen direkten posteromedialen minimalinvasiven Zugang ist technisch deutlich weniger anspruchsvoll [6]. Bei entsprechend großen Fragmenten ist eine anatomische Reposition und Fixation mit Kortikallisschrauben sicher durchführbar, für mehrfragmentäre Avulsionen können Knochenanker oder auch die oben genannte Fadencerclagetechnik genutzt werden (Abb. 3). Nachteil der direkten Verschraubung bei kindlichen knöchernen HKB-Avulsionen ist Verbleib von nichtresorbierbaren Schrauben und ggf.

Trauma Berufskrankh 2017 · 19 (Suppl 3):S311–S315 DOI 10.1007/s10039-017-0291-5  
© Springer Medizin Verlag GmbH 2017

C. Kösters · M. Herbot · M. J. Raschke · B. Schliemann

## Kindliche kniegelenknahe Avulsionen

### Zusammenfassung

**Hintergrund.** Kindliche kniegelenknahe Avulsionen sind seltene Verletzungen, die v. a. ältere Kinder bzw. Jugendliche im Rahmen von Sportunfällen betreffen.

**Fragestellung.** Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Epidemiologie, Klassifikationen und aktuelle Therapiekonzepte kindlicher kniegelenknahe Avulsionsverletzungen.

**Ergebnisse.** Die häufigsten kindlichen kniegelenknahe Avulsionen sind die Verletzung der Apophyse der Tuberositas tibiae sowie der knöchernen vordere (VKB) und hintere Kreuzband (HKB)-Ausrisse. Die gebräuchlichste Klassifikation ist die nach Meyers und McKeever für die knöchernen VKB-Risse. In vielen Fällen besteht die Indikation für eine operative Therapie. Allenfalls nicht dislozierte Frakturen können konservativ behandelt werden. Apophysenfrakturen der Tuberositas tibiae werden in der Regel offen reponiert und verschraubt. Die Möglichkeiten für die operative Therapie der knöchernen Kreuzbandausrisse sind vielfältig, sie reichen von direkten offenen Verschraubungen über Knochenanker bis zu arthroskopisch durchge-

fürten Repositionen mittels Fadencerclage. Vorteile arthroskopischer Verfahren sind die Möglichkeit, Begleitverletzungen wie Meniskusrisse einzeitig mitbehandeln zu können.

**Schlussfolgerungen.** Nicht dislozierte kindliche kniegelenknahe Avulsionsverletzungen können unter regelmäßigen klinischen und radiologischen Verlaufskontrollen konservativ behandelt werden. Dislozierte Avulsionen und nicht dislozierte Avulsionen mit Begleitverletzungen werden operativ therapiert. Arthroskopische Verfahren sollten im Hinblick auf knöchernen VKB-Avulsionen standardmäßig angewendet werden. Hingegen sind knöchernen HKB-Avulsionen und Tuberositas-tibiae-Verletzungen schnell und effektiv mit direkten offenen Repositionen adressierbar.

### Schlüsselwörter

Kniegelenknahe Avulsionen · Knöchernen Kreuzbandavulsion · Apophysenfrakturen · Arthroskopische Verfahren · Refixation

## Pediatric avulsion fractures near the knee

### Abstract

**Background.** Avulsion fractures around the knee in children and adolescents are rare injuries and usually occur during sport activities. This article describes the epidemiology, classification and current treatment strategies for these injuries.

**Objective.** This article gives an overview of the epidemiology, classification and current treatment concepts of pediatric avulsion fractures around the knee.

**Results.** The most frequent pediatric avulsion fractures around the knee affect the tibial tuberosity and both the anterior and posterior cruciate ligaments. Bony avulsion of the cruciate ligaments can be classified according to Meyers and McKeever. In many cases there are indications for surgical treatment but non-dislocated fractures can be conservatively treated. Apophyseal fractures of the tibial tuberosity are as a rule repositioned by an open procedure followed by fixation with screws. The options for surgical treatment of bony avulsion of the cruciate ligaments are manifold, ranging from direct open screw

fixation to bone anchoring and arthroscopic repositioning with suture cerclage. The advantages of arthroscopic procedures are the possibility to simultaneously treat unilateral accompanying injuries, such as meniscus ruptures.

**Conclusion.** Non-dislocated pediatric avulsion injuries near the knee can be treated conservatively under regular clinical and radiological follow-up control. Dislocated avulsions and non-dislocated avulsions with accompanying injuries are surgically treated. Arthroscopic procedures should be a standard procedure with respect to bony avulsion of the anterior cruciate ligament. In contrast, bony avulsion of the posterior cruciate ligament and injuries of the tibial tuberosity must be addressed rapidly and effectively with direct open repositioning.

### Keywords

Avulsion fractures near knee · Bony cruciate ligament avulsions · Apophyseal fractures · Arthroscopic procedures · Refixation



**Abb. 3** ▲ Knöchernen HKB (hinteres Kreuzband)-Refixation mittels Schraubenosteosynthese über einen minimalinvasiven dorsomedialen Zugang

die Notwendigkeit einer Implantatentfernung.

Betrachtet man die Literatur zu klinischen Ergebnissen nach operativer Versorgung von kindlichen kniegelenknahen Avulsionen, so muss man grundsätzlich eine relativ dünne Datenlage mit geringer Evidenz attestieren.

Insgesamt scheinen nach Operation jedoch gute klinische Resultate erreichbar zu sein. Nach offener Reposition und Schraubenosteosynthese von Tuberositas-tibiae-Avulsionen konnte kürzlich gezeigt werden, dass 98 % der Patienten das präoperative Aktivitätsniveau erreichen und 97 % die volle Beweglichkeit des Kniegelenks wiedererlangen [19]. Pretell-Mazzini et al. [17] berichteten jedoch in ihrer Studie auch von einer Komplikationsrate von ca. 28 %, was die Verletzungsschwere und Schwierigkeit der Behandlung realistisch darstellt.

Die klinischen Ergebnisse nach knöchernen VKB-Ausrissen wurden 2013 in einem systematischen Review analysiert [10]. Auch hier zeigte sich eine schlechte Datenlage. Insgesamt wurden nur 26 Studien gefunden, wobei lediglich eine Level-3- und 25 Level-4-Studien vorlagen. Trotz fehlender Level-1- und -2-Studien

konnten die Autoren folgende Aussagen zu den klinischen Ergebnissen treffen:

Die konservative Therapie von dislozierten Avulsionen (Myers und McKeever Typ 3 und 4) führt in 60 % der Fälle zur Pseudarthrosenbildung. Es zeigte sich weder ein signifikanter Unterschied in den klinischen Ergebnissen nach arthroskopischer oder offener Refixation noch nach Schrauben- oder Fadencerclagerifixation. Eine signifikant geringere Laxizität und weniger Bewegungseinschränkungen waren nach operativer Therapie von nicht oder gering dislozierten Avulsionen (Meyers und McKeever Typ 1 und 2) nachweisbar.

### Fazit für die Praxis

- Kindliche kniegelenknahe Avulsionen sind seltene Verletzungen, die v. a. ältere Kinder bzw. Jugendliche im Rahmen von Sportunfällen betreffen.
- Dislozierte kindliche kniegelenknahe Avulsionen sollten frühzeitig operativ refixiert werden.
- Das Standardverfahren zur Refixation von knöchernen VKB-Ausrissen (Meyers und McKeever 2–4) ist die

arthroskopische transossäre Cerclage mittels resorbierbaren Fadens.

- Bei knöchernen VKB-Avulsionen treten in bis zu 40 % Meniskusrisse auf, die bei arthroskopischem Vorgehen einzeitig mitbehandelt werden können.
- Knöcherne HKB-Avulsionen können schnell und relativ einfach über einen offenen posteromedialen minimalinvasiven Zugang adressiert werden. Die indirekte arthroskopische Refixation ist im akuten Verletzungszustand technisch schwierig und aufwendig, sodass diese Technik erfahrenen Operateuren vorbehalten bleiben sollte.
- Dislozierte Avulsionsfrakturen der Tuberositas tibiae müssen in der Regel offen reponiert und mittels Schraubenosteosynthese fixiert werden.

### Korrespondenzadresse

**Priv.-Doz. Dr. C. Kösters**

Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Münster

Albert-Schweitzer-Campus 1, Gebäude W1, 48149 Münster, Deutschland  
clemens.koesters@ukmuenster.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** C. Kösters, M. Herbort, M.J. Raschke und B. Schliemann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren. Alle Patienten, die über Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts zu identifizieren sind, haben hierzu ihre schriftliche Einwilligung gegeben. Im Falle von nicht mündigen Patienten liegt die Einwilligung eines Erziehungsberechtigten oder des gesetzlich bestellten Betreuers vor.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

### Literatur

1. Eggers AK, Becker C, Weimann A, Herbort M, Zantop T, Raschke MJ, Petersen W (2007) Biomechanical evaluation of different fixation methods for tibial eminence fractures. Am J Sports Med 35(3):404
2. Zaricznyj B (1977) Avulsion fracture of the tibial eminence: treatment by open reduction and pinning. J Bone Joint Surg Am 59(8):1111–1114

3. Domnick C, Kösters C, Franke F, Raschke MJ, Petersen W, Fink C, Herbolt M (2016) Biomechanical properties of different fixation techniques for posterior cruciate ligament avulsion fractures. *Arthroscopy* 32(6):1065
4. White EA, Patel DB, Matcuk GR, Forrester DM, Lundquist RB, 3rd Hatch GF, Vangsness CT, Gottsegen CJ (2013) Cruciate ligament avulsion fractures: Anatomy, biomechanics, injury patterns, and approach to management. *Emerg Radiol* 20(5):429
5. Frankl U et al (1990) Avulsion fracture of the tibial tubercle with avulsion of the patellar ligament Report of two cases. *J Bone Joint Surg Am* 72(9):1411–1413
6. Giannakos A et al (2012) Versorgung knöcherner hinterer Kreuzbandausrisse über einen minimal-invasiven dorsalen Zugang. *Oper Orthop Traumatol* 24:348. doi:10.1007/s00064-012-0208-1
7. Gutschank A (1933) Doppelseitige Abrißfraktur der Tuberositas ischii. *Arch Orthop Unfallchir* 33:256
8. Hapa O, Süner G, Özden R, Davul S, Bozdağ E, Sünbüloğlu E et al (2012) Biomechanical comparison of tibial eminence fracture fixation with high-strength suture, EndoButton, and suture anchor. *Arthroscopy* 28(5):681–687
9. Hargrove R, Payne R et al (2004) Anterior tibial spine fracture: an easy fracture to miss. *Accid Emerg Nurs.* doi:10.1016/j.aaen.2004.03.007
10. Gans I, Ganley TJ et al (2013) Treatment and management outcomes of tibial eminence fractures in pediatric patients: a systematic review. *Am J Sports Med* 42(7):1743
11. Feucht MJ, Brucker PU, Camathias C, Frosch K-H, Hirschmann MT, Lorenz S, Mayr HO, Minzlaff P, Petersen W, Saier T, Schneidmüller D, Stoehr A, Wagner D, Südkamp NP, Niemeyer P (2017) Meniscal injuries in children and adolescents undergoing surgical treatment for tibial eminence fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* doi:10.1007/s00167-016-4184-0
12. Mckoy BE et al (2003) Acute tibial tubercle avulsion fractures. *Orthop Clin North Am* 34:397–403
13. Meyers M et al (1959) Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 41-A(2):209–220 (discussion 220–222)
14. Mosier SM et al (2004) Acute tibial tubercle avulsion fractures. *J Pediatr Orthop* 24:181–184
15. Nikiforidis PA, Babis GC, Triantafillopoulos IK et al (2004) Avulsion fractures of the tibial tuberosity in adolescent athletes treated by internal fixation and tension band wiring. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* doi:10.1007/s00167-003-0417-0
16. Ogden Ja TR, Ogden Ja TR et al (1980) Fractures of the tibial tuberosity in adolescents. *J Bone Joint Surg Am* 62(2):205–215
17. Pretell-Mazzini J, Sawyer JR, Esteban EM, Warner WC Jr et al (2015) Outcomes and complications of tibial tubercle fractures in pediatric patients: a systematic review of the literature. *J Pediatr Orthop.* doi:10.1097/BPO.0000000000000488
18. Ryu RK et al (1985) An unusual avulsion fracture of the proximal tibial epiphysis. Case report and proposed addition to the Watson-Jones classification. *Clin Orthop Relat Res.* 194:181–184
19. Reuter S et al (2016) Avulsionsverletzungen der proximalen Tibia. *Orthopäde* 45. doi:10.1007/s00132-016-3228-y
20. Schneidmueller D, Lehnert M et al (2011) Frakturen der proximalen Tibia. *Unfallchirurg.* doi:10.1007/s00113-011-1969-y
21. Brunner S, Kilger R, Vavken J, Rutz E, Brunner R, Camathias C et al (2016) Absorbable and non-absorbable suture fixation results in similar outcomes for tibial eminence fractures in children and adolescents. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* doi:10.1007/s00167-015-3844-9
22. Tolo VT (1998) Fractures and dislocations about the knee. In: Green NE, Swiontkowski MF (Hrsg) *Skeletal trauma in children*, S 444–447