

F. F. Fernandez<sup>1</sup>, T. Wirth<sup>1</sup>, O. Eberhardt<sup>1</sup>

# Läsionen des vorderen Kreuzbands im Kindes- und Jugendalter

## *Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients*

**Zusammenfassung:** Lange Zeit galt die intraligamentäre Kreuzbandruptur im Kindes- und Jugendalter als eine Seltenheit. Die Inzidenz stieg aus verschiedensten Gründen: aufgrund der besseren Diagnostik mit dem NMR, dem konsequenten Durchführen eines NMR beim traumatischen Hämarthros des Kniegelenks des Kindes sowie der Zunahme von Risikosportarten im Kindesalter. Die unzufriedenstellenden Ergebnisse nach konservativer Therapie mit persistierender Instabilität im Sinne eines ausgeprägteren Giving-Way-Phänomens sowie der Verlust des ursprünglichen Sportniveaus sowie die Folgeschäden an Knorpel und Meniskus führten zu einem Umdenken in der Therapie der Kreuzbandruptur im Kindesalter hin zur operativen Therapie. Das potenzielle Risiko einer Beinachsen- oder Beinlängendifferenz nach operativer Therapie ist sehr niedrig. Die meisten Achsenfehler und Differenzen sind Folge technischer Fehler. Die epiphysenfugenkreuzende Vordere-Kreuzband-(VKB)-Plastik führt bei Beachtung der kindspezifischen Anatomie und einer darauf abgestimmten Operationstechnik zu sehr guten klinischen Ergebnissen mit einer sehr geringen Komplikationsrate. Operativ versorgte Kinder erreichen im Vergleich zu den konservativ versorgten Kindern bedeutend häufiger wieder ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau und zeigen deutlich weniger sekundäre Meniskusschäden.

**Schlüsselwörter:** Vordere Kreuzbandruptur, Kinder, Wachstumsfuge

### Zitierweise

Fernandez FF: Läsionen des vorderen Kreuzbands im Kindes- und Jugendalter.

OUP 2014; 1: 017–021, DOI 10.3238/oup.2014.0017–0021

**Summary:** Anterior cruciate ligament tears were regarded to be rare in children and adolescents for a long time. The recognition rate rose for different reasons: better diagnostics due to NMR, and consistent performance of NMR in children with traumatic hemarthros of the knee, incidence went up because of increasing participation of children in hazardous sports. Unsatisfactory results of conservative treatment with persistent instability in the sense of a severe giving-way phenomenon as well as loss of the original sports level led to a change of thinking about cruciate ligament tears therapy in children towards operative therapy. The potential risk for inequalities in mechanical axis or leg length after operative therapy is low. Most of the axial inequalities are consequences of technical errors.

Considering child-specific anatomy and an appropriate operations technique in epiphyseal plate-crossing anterior cruciate ligament reconstruction lead to very good clinical results and low complication rates. Compared to conservative treatment, children treated by operation reach their previous activity levels considerably more often and show significantly less secondary meniscal tears.

**Keywords:** anterior cruciate ligament tears, children, growth plates

### Citation

Fernandez FF: Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients.

OUP 2014; 1: 017–021, DOI 10.3238/oup.2014.0017–0021

## Einführung

Die beiden Kreuzbänder stellen die zentralen Pfeiler der Stabilisierung des Kniegelenks in der Sagittalebene dar. Sie verhindern die Translation der Tibia gegenüber dem Femur. Die Inzidenz der vorderen Kreuzbandläsion ist zwischen dem 15. und 25. Lebensjahr am höchsten.

Im Vergleich zum Erwachsenen erleiden Kinder seltener Knieinnenverletzungen.

Es ist jedoch im letzten Jahrzehnt zu einer Steigerung der intraartikulären Knieverletzungen gekommen.

Im Kindes- und Jugendalter treten folgende intraartikuläre Kniegelenkverletzungen auf:

- Patellaluxationen mit osteochondralen bzw. chondralen Frakturen der medialen Patella bzw. des lateralen Femurkondylus sowie Verletzung des mediopatellaren femoralen Bands,
- Zerreißung von Seitenbändern,
- Meniskusverletzungen,
- Plica-Zerreißungen,
- Intraligamentäre Kreuzbandrupturen,

<sup>1</sup> Orthopädische Klinik, Olgahospital, Stuttgart

- Avulsionsverletzungen der Kreuzbänder.

Bis in die 1990er-Jahre galten intraligamentäre Kreuzbandrupturen lange Zeit als seltene Verletzungen. Verschiedene Studien haben jedoch gezeigt, dass die Läsion wesentlich häufiger ist, so findet sich bei Kindern mit Hämarthros in 26–47 % eine vordere Kreuzbandläsion.

Vordere Kreuzbandverletzungen werden in intraligamentäre Bandrupturen und Ausrissfrakturen der Eminentia intercondylaris sowie in die seltenen proximalen knöchernen Ausrissverletzungen eingeteilt.

In diesem Artikel soll nur die intraligamentäre vordere Kreuzbandruptur behandelt werden.

### **Intraligamentäre vordere Kreuzbandruptur**

In den letzten Jahren ist es zu einem sprunghaften Anstieg an Veröffentlichungen über die intraligamentäre vordere Kreuzbandruptur im Kindesalter gekommen.

Als ein Grund für die Zunahme der Verletzung wird die steigende Teilnahme von Kindern und Jugendlichen an leistungsorientierten und Hochgeschwindigkeits-Sportarten in einer Freizeitgesellschaft gesehen.

Ein weiterer Grund für die häufigere Diagnose sind die erheblich verbesserten diagnostischen Möglichkeiten, insbesondere Arthroskopie und Kernspintomographie. Durch die Weiterentwicklung des NMR (s. Abb. 1, 2) als nicht-invasives Verfahren werden häufiger und frühzeitiger intraligamentäre Kreuzbandverletzungen festgestellt. Auch das Bewusstsein, dass Kinder ebenfalls intraligamentäre Kreuzbandverletzungen erleiden können, ist gestiegen und damit die gezielte Suche nach diesen Verletzungen.

Ein akuter Hämarthros bei Kindern erfordert eine Abklärung. Dabei müssen die oben genannten Differenzialdiagnosen abgeklärt werden. Das Kniegelenk wird im lateralen und antero-posterioren Strahlengang geröntgt. Besteht der Verdacht auf eine Patellaluxation, ist auch eine axiale Patellaaufnahme durchzuführen. Da chondrale Flakes, Meniskusläsionen und Kreuzbandrupturen im Wesentlichen durch ein NMR zu erkennen sind, sollte eine Kernspin-

tomografie durchgeführt werden. Für das Erkennen einer VKB-Läsion zeigt die Kernspintomografie eine Sensitivität von 95 % und eine Spezifität von 88 %. Bei akutem traumabedingten Hämarthros wird in bis zu 65 % der Verletzungen eine VKB-Ruptur erwartet [19].

Intraligamentäre Rupturen werden in inkomplette und komplette Rupturen unterteilt.

Inkomplette intraligamentäre Verletzungen im Kindes- und Jugendalter haben ein hohes Regenerationspotenzial und zeigen nur selten eine Instabilität. Inkomplette VKB-Rupturen werden häufig übersehen und ihre Dunkelziffer ist nicht bekannt. Die primäre Behandlung der inkompletten intraligamentären vorderen Kreuzbandrupturen ist die konservative Therapie.

Die konservative Behandlung wird kontrovers diskutiert, nach einer anfänglichen Ruhigstellung zur Schmerztherapie werden von einer schrittweisen Freigabe der Beweglichkeit und Belastung bis hin zu einer frühfunktionellen Nachbehandlung empfohlen. Kommt es nach einer konservativen Behandlung jedoch zu einer Meniskusläsion, so muss dies als ein Zeichen der sagittalen Instabilität bewertet werden und eine vordere Kreuzbandersatzplastik sollte durchgeführt werden.

Verschiedene Autoren zeigten, dass ein Teil der Kinder bei konservativer Therapie einer intraligamentären VKB-Ruptur innerhalb des ersten Jahres sekundäre Meniskusschäden entwickelt [2, 6, 9, 13, 14, 15], die Inzidenzen werden bis zu 75 % angegeben. Bei McCarroll [13] entwickelten von 38 Kindern nach konservativer Behandlung ihres Kreuzbandschadens 27 Kinder Meniskusläsionen. Bei Mizuta [14] entwickelte die Hälfte der Kinder (9 von 18) einen sekundären Meniskusschaden.

Die Menisken stellen bei einer vorderen Kreuzbandruptur den sekundären Stabilisator dar, sodass es wahrscheinlich aufgrund der sagittalen Instabilität zu rezidivierenden Läsionen an den Menisken kommt. Bei anhaltender Instabilität, dies wird in bis zu 90 % angegeben, kann im Laufe der Zeit der Gelenkknorpel vor allem posteromedial geschädigt werden. Nur ein kleiner Prozentsatz der konservativ behandelten Kinder erreicht nach einer VKB-Ruptur eine vollständige Wiederaufnahme ihrer sportlichen Aktivitäten. In einer selektiven

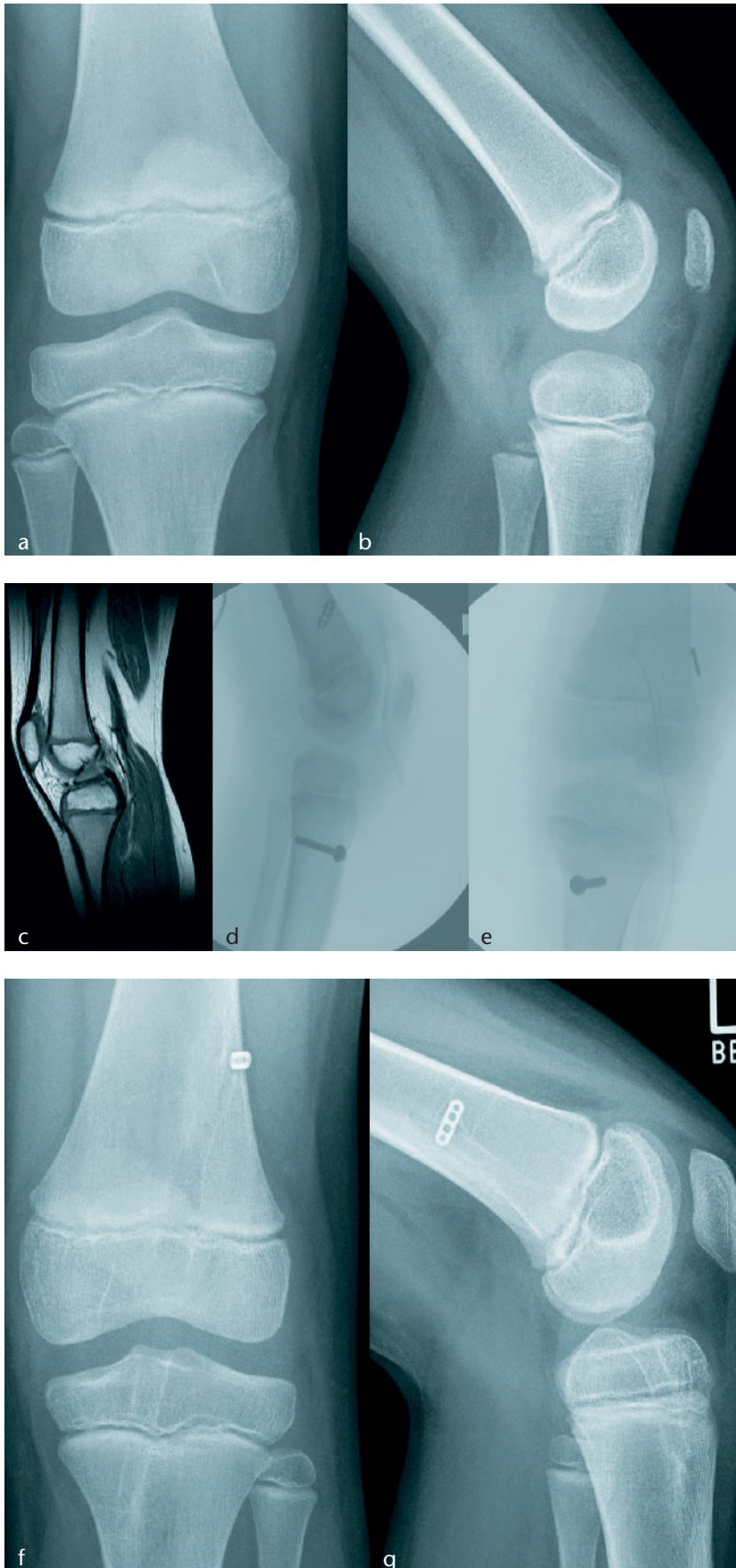
Literaturrecherche [5] mit Auswertung des Sportniveaus zeigte sich ein signifikanter Unterschied zugunsten der operativen Therapie. Das ursprüngliche Sportniveau wiedererlangen konnten in der operierten Gruppe 91,2 %, in der konservativ versorgten Gruppe 30,9 % der Kinder [5].

Es wird auch vereinzelt über gute Ergebnisse nach konservativer Behandlung berichtet, jedoch mussten die Kinder hier konsequent Orthesen tragen und erhielten ein strenges Sportverbot. In den allermeisten Fällen sind es gerade jene Kinder mit einem hohen Aktivitätsniveau, die sich eine Kreuzbandruptur zuziehen. Es ist zweifelhaft, ob sich gerade Kinder mit einer hohen Affinität zum Sport an das Verbot halten. Mit schmerzlosem Knie und häufig schlechter Instabilitätswahrnehmung ist es für die Kindern schwierig, den Sinn des Verbotes dauerhaft nachzuvollziehen [3, 15, 20].

Versuche einer primären Naht unter der Vorstellung, dass sich das vordere Kreuzband beim Kind mit seinem hohen Regenerationspotenzial möglicherweise stabil regenerieren könnte, scheiterte mit chronischen Instabilitäten und schlechten klinischen Ergebnissen [2, 14, 15]. Auch die Augmentation des intraligamentär rupturierten VKB führte beim Kind und Jugendlichen zu schlechten Ergebnissen mit chronischen Instabilitäten.

Problematisch ist, dass Kinder das subjektive Gefühl der Instabilität häufig nicht als solches erkennen und benennen können. Die Instabilitäts- und Subluxationsphänomene werden vom Kind meist nicht als problematisch erkannt. Dass die Instabilität doch schwerwiegend ist, erkennt man daran, dass Kinder mit der verbliebenen Stabilität häufig nicht mehr zurechtkommen und sie sportlich weniger aktiv sind als vor dem Unfall oder den geliebten Sport sogar aufgeben.

Entscheidet man sich für eine konservative Therapie, sollten die Kinder regelmäßig nachuntersucht und geführt werden. Es kann sich als schwierig herausstellen, die Kinder in ihrem Bewegungsdrang und ihrer Aktivität zu bremsen. Aus unserer Erfahrung heraus sind es gerade die sportlich aktiven Kinder, die eine Kreuzbandruptur erleben. Manche Autoren empfehlen für den Sport eine Bandage [15, 20]. Sollte ein



**Abbildung 1a-g** 7-jähriger Junge, der sich beim Fußballspielen eine Kniegelenkdistorsion mit intraligamentärer vorderer Kreuzbandruptur zugezogen hat. Als 7-Jähriger VKB-Ersatz mit Semitendinosussehnen. Als 11-Jähriger betreibt er mehrere Sportarten.

Kind mit einer VKB-Ruptur über Beschwerden am Kniegelenk klagen, sind wir aufgrund der hohen Inzidenz eines sekundären Meniskusschadens von bis zu 75 % der Auffassung, zügig ein NMR durchzuführen.

Die komplette Ruptur des VKB hat auch beim Kind kein Potenzial zur Regeneration. Das Kreuzband wird entweder resorbiert oder es kommt zu einer Vernarbung auf dem hinteren Kreuzband.

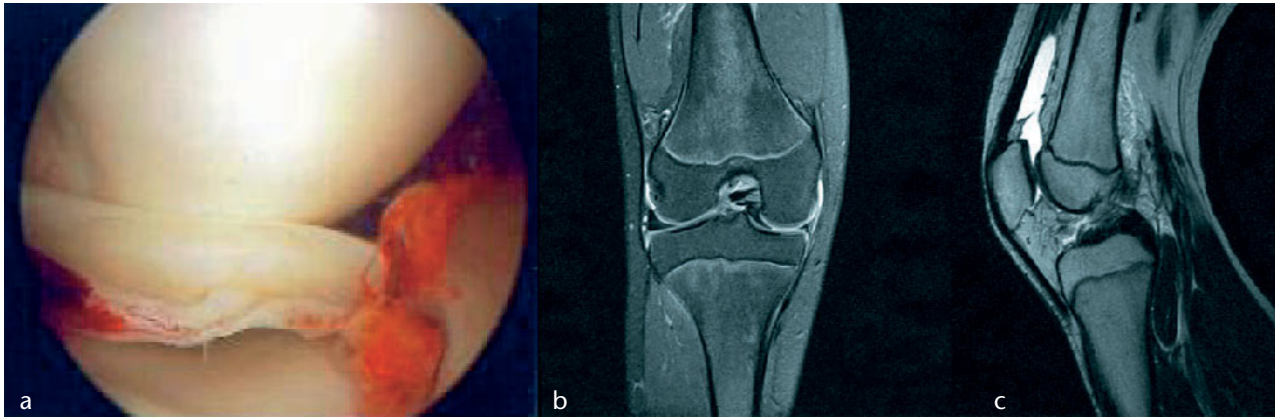
Wegen der schlechten Ergebnisse der konservativen Therapie wurden verschiedene Kreuzbandersatztechniken eingesetzt.

Die kniegelenknahen Wachstumsfugen sind für ca. 70 % des Längenwachstums des Beines verantwortlich. Aufgrund der Befürchtung, dass es bei epiphysenfugenkreuzenden Rekonstruktionen insbesondere femoral zu einem vorzeitigen Wachstumsfugenschluss mit Entwicklung von Achsabweichungen bzw. Beinlängendifferenzen kommen könnte, wurden Techniken entwickelt, die die Wachstumsfugen nicht verletzen.

Eine dieser Techniken ist das trans-epiphysäre tibiale Vorgehen mit Umgehung der femoralen Wachstumsfuge mit der sog. „Over-the-top“-Technik. Mit dieser Technik sind mittelfristig gute Ergebnisse erzielt worden [11]. Sie wird vor allem bei Kindern mit einem erheblichen Restwachstum empfohlen. Es wird dabei ein Kompromiss zwischen nicht-anatomischer und nichtisometrischer Position der Ersatzplastik einerseits und der Schonung der femoralen Wachstumsfuge andererseits eingegangen. Vorstellbar ist dennoch, dass es bei dieser Technik bei aggressiver Präparation zu einer Verletzung der perichondralen Strukturen und damit zu einem Fehlwachstum kommen kann. Um sowohl die tibiale als auch die femorale Wachstumsfuge zu schonen, hat Anderson [1] eine rein epiphysäre Technik vorgestellt. Problematisch ist bei einer tangentialen Verletzung der Wachstumsfuge die Wahrscheinlichkeit, dass es zum Fehlwachstum kommt.

Bekannt ist aufgrund tierexperimenteller Untersuchungen [7, 8, 16], dass die Epiphysenfuge ein bestimmtes Ausmaß an Verletzung toleriert, ohne dass es zur Epiphysedese kommt. Im Tierexperiment wurde gezeigt, dass bei einer Epiphysenverletzung zwischen 5–10 % der Fläche der Wachstumsfuge eine





**Abbildung 2a-c** 13-jähriges Mädchen, Knie beim Fußballspielen verdreht, intraligamentäre vordere Kreuzbandruptur und großer Korbhakenriss. Innenmeniskus-Korbhaken liegt intercondylär.

Wachstumsstörung nicht zu erwarten ist. Kerscher [10] konnte in einer 3D-MRT Untersuchung zeigen, dass ein Bohrkanal von 8 mm bei Kindern über 10 Jahren zu einem Verletzungsvolumen der Fuge unter 3 % führt. Eine Erhöhung des Bohrkanaldurchmessers um 1 mm führt zu einer zusätzlichen Schädigung von 1,1 %.

Im Tierexperiment [4, 18] konnte gezeigt werden, dass eine Durchbohrung der Epiphysenfuge mit Einzug einer Sehne zu keinen Wachstumsstörungen der Epiphysenfuge führt. Anders ist dies, wenn der Bohrkanal nicht mit einem Weichteilinterponat besetzt wird, hier kann es zu einer Knochenbrückenbildung mit konsekutivem Epiphysenfehlwachstum im Sinne einer Entwicklung einer Beinachsenfehlstellung bzw. Beinlängendifferenz kommen.

Dennoch sind Wachstumsstörungen nach VKB-Ersatzplastiken beschrieben. Sie sind jedoch sehr selten und beruhen meist auf einem epiphysenfugenüberbrückenden Knochenblock nach Bone-Tendon-Quadricepssehnenplastik oder Bone-Tendon-Bone-Patellarsehnenplastik oder auf dem Einbringen der Interferenzschraube in die Fuge, hier kann sie einen Epiphyseodese-Effekt verursachen [11, 12, 17].

In der Metaanalyse von Frosch [5] findet sich bei fugenkreuzender Technik ein geringes Risiko für eine Wachstumsstörung von 2,1 %.

Die beim Erwachsenen durchgeführte Ersatzplastik sollte aufgrund der spezifischen anatomischen Gegebenheiten beim Kind nicht angewandt werden. Der Operateur sollte Erfahrung

und Kenntnis des wachsenden Skeletts besitzen.

Für das Präparieren des femoralen Loches gilt es, die Wachstumsfuge beim Bohrvorgang in ihrer Peripherie mit dem angrenzenden Ranvier'schen Schnürring und dem fibrösen Ring von Lacroix nicht zu schädigen [5, 11, 17]. Daher empfiehlt sich keine Denudierung an der Hinterkante der lateralen Condyle. Ebenso sollte die Brücke vom Bohrloch zur Hinterkante 1,5–2 mm stark sein, um sicherzugehen, dass mit dem Bohrvorgang die perichondralen Strukturen nicht geschädigt werden. Zur femoralen Tunnelanlage sollte die Beugstellung des Kniegelenks nicht bei 120° sondern zwischen 90° und 100° liegen, um die Wachstumsfuge orthograd zu treffen.

Eine Verletzung der Wachstumsfuge der Tuberositas tibiae kann durch ein weiter mediodorsales Platzen des Tibiaknals als beim Erwachsenen vermieden werden.

Um die Epiphysenfuge möglichst senkrecht zu eröffnen, sollte der tibiale Kanal steiler gebohrt werden.

Es ist darauf zu achten, dass kein Knochenblock oder Implantat die Epiphysenfuge überbrückt. Beide Epiphysenfugen müssen mit einer Sehne gefüllt sein.

Eine noch nicht geklärte Frage ist, inwieweit ein Transplantat beim Kind präkonditioniert werden sollte. Die Vermeidung einer zu hohen Transplantatspannung wird empfohlen, denn im Tierexperiment wurden Wachstumsstörungen bei hoher Transplantatspannung nachgewiesen.

Inwieweit die transepiphysär eingebrachten Ersatzplastiken eine Tenodese verursachen können, ist unklar. Die bisherige Erfahrung zeigt, dass es bei moderater Anspannung zu keiner Fixierung kommt, sodass man davon ausgehen muss, dass sich das transplantierte Band mit entwickelt.

In Anbetracht der schlechten Verläufe nach konservativer Therapie von VKB-Rupturen ist die bislang vertretene operative Zurückhaltung hinsichtlich einer stabilisierenden Versorgung bei noch offenen Wachstumsfugen nicht mehr gerechtfertigt.


Für den plastischen Bandersatz des vorderen Kreuzbandes beim Kind wurde bereits fast jede rund um das Knie zur Verfügung stehende kollagene Struktur verwendet. An Transplantaten wurden herangezogen: Quadricepssehne, Patellarsehne, Semitendinosusehne, Fascia lata und Tractus iliotibialis (Abb. 1).

Eine weit verbreitete Technik ist die aus der Erwachsenen Chirurgie stammende Semitendinosusehnen-Technik. Da diese Technik allseits bekannt sein dürfte, möchten wir hier nicht detaillierter darauf eingehen.

Auch im Kindesalter treten vordere Kreuzbandrupturen in Kombination mit Meniskusläsionen oder Seitenbandverletzungen auf. Die Therapie der Innenbandrupturen erfolgt konservativ mit einer Orthese oder einem Tutor für 4 Wochen in ca. 10°-Flexion. Meniskusläsionen können gleichzeitig mit der Operation des Kreuzbands versorgt werden, eine eingeklemmte Meniskusläsion sollte dabei dringlich versorgt werden (Abb. 2).

## Schlussfolgerung

Durch die klinischen Erfahrungen lässt sich sagen, dass Vordere-Kreuzband-Ersatzplastiken gute klinische Ergebnisse erzielen. Durch eine an das wachsende Skelett angepasste Technik ist die Wahrscheinlichkeit gering, Wachstumsstörungen zu erleben. Operativ versorg-

te Kinder haben geringere Instabilitäten und geringere sekundäre Meniskusverletzungen. Die konservative Therapie sollte bei Teilrupturen durchgeführt werden. Bei Kindern mit geringem Aktivitätsniveau und guter Compliance kann eine konservative Behandlung erfolgen, diese Kindern sollten jedoch engmaschig kontrolliert werden. 

## Korrespondenzadresse

PD Dr. Francisco F. Fernandez  
Orthopädische Klinik  
Olgahospital  
Bismarckstr 8  
70176 Stuttgart  
f.fernandez@klinikum-stuttgart.de

## Literatur

1. Anderson AF. Transepiphyseal replacement of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85: 1255–1263
2. Engebretsen L, Svenningsen S, Benum P. Poor results of anterior cruciate ligament repair in adolescence. *Acta orthop Scand* 1988; 59: 684–86
3. Fehnel DJ, Johnson R. Anterior cruciate injuries in the skeletally immature athlete: a review of treatment outcomes. *Sports Med* 2000; 29: 51–63
4. Ford LT, Key JA. A Study of experimental trauma and attempts to stimulate growth of the lower femoral epiphysis in rabbits. *J Bone Joint Surg Am* 1956; 38: 84–92
5. Frosch KH, Preiss A. Knieverletzungen im Wachstumsalter: Trauma Berufskrankh 2013; 15: 52–58
6. Graf BK, Lange RH, Fujisaki CK et al. Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients: meniscal pathology at presentation and after attempted conservative treatment. *Arthroscopy* 1992; 8: 229–233
7. Guzzanti V, Falciglia F, Gigante A et al. The effect of intraarticular ACL reconstruction on the growth plates of rabbits. *J Bone Joint Surg Br* 1994; 76: 960–963
8. Johnson JTH, Southwick WO. Growth following transepiphyseal bone grafts. *J Bone Joint Surg Am* 1960; 42: 1381–1395
9. Kannus P, Jarvinen M. Knee ligament injury in adolescents. Eight year follow-up of conservative management. *J Bone Joint Surg Br* 1988; 70: 772–776
10. Kerscher J, Xerogeanes J, Tannenbaum A et al. Anterior ligament reconstruction in skeletally immature: an anatomical study utilizing 3-dimensional magnetic resonance imaging reconstruction. *J Pediatr Orthop* 2009; 29: 124–129
11. Kocher MS et al. Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients: survey of the Herodicus Society and the ACL Study Group. *J Pediatr Orthop* 2002; 22: 452–457
12. Lipscomb AB, Anderson AF. Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J Bone Joint Surg Am* 1986; 68: 19–28
13. Mccarrol JR, Rettig AC, Shelbourne KD. Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes. *Am J Sports med* 1988; 16: 44–47
14. Mizuta H, Kubota K, Shiraish M et al. The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 890–894
15. Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Performance-based functional outcome for children 12 years or younger following anterior cruciate ligament injury: a two to nine-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008; 16: 214–223
16. Nordentoft FU. Experimental epiphyseal injuries: grading of traumas and attempts. *Acta Orthop Scand* 1969; 40: 176–192
17. Seil R, Robert H. VKB-Plastik bei offenen Wachstumsfugen. *Arthroscopie* 2005; 18: 48–52
18. Siffert RS. The effect of staples and longitudinal wires on epiphyseal growth. An experimental stud. *J Bone Joint Surg Am* 1956; 38: 1077–1083
19. Stanitski CL, Harvell JC, Fu F. Observations on acute knee hemarthrosis in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 1993; 13: 506–510
20. Woods WG, O'Connor DP. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med* 2004; 32: 201–210.