

VORDERES KREUZBAND

RUPTUREN DES VORDEREN KREUZBANDES BEIM KIND

Romain Seil, Jürgen Freiwald, Thomas Jöllenbeck, Gerhard Bauer, Holger Schmitt, Alli Gokeler, Martin Engelhardt, Klaus Dann, Karl-Peter Benedetto

Bei vorderen Kreuzbandläsionen im Kindes – und Jugendalter unterscheidet man zwischen knöchernen Ausrissen und reinen Bandläsionen. Erstere werden eher bei präpubertären Kindern beschrieben (Vaquero 2005), während ligamentäre Läsionen häufiger bei pubertären Jugendlichen auftreten (Williams 1996). Letztere betreffen etwa 3–4% aller Rupturen des VKB und ihre jährliche Inzidenz wird auf etwa 1/100.000 Einwohner geschätzt (Janarv 2000). Sie treten selten vor dem 9. Lebensjahr auf und in etwa 3 von 4 Fällen liegt der Verletzung ein Sportunfall zugrunde (Bonnard 2007). Aufgrund der verbesserten klinischen und apparativen diagnostischen Maßnahmen, bei gleichzeitiger Zunahme von Risikosportarten im Kindesalter, werden sie zunehmend diagnostiziert (Aichroth 2002; Mohtadi 2006; Seil 2000).

Anteriore Eminentiafrakturen

Knöcherne VKB-Ausrisse werden normalerweise an der Tibia beobachtet und treten auch bei Erwachsenen auf. Femoral sind sie eine Seltenheit. Bei Kindern unter 12 Jahren treten sie häufiger auf als Bandläsionen (Kellenberger 1990). Entsprechend dem Dislokationsgrad und der Fragmentation der Fraktur werden sie nach Meyers und MacKeever in 4 Gruppen unterteilt (Meyers 1970) (siehe Kapitel Diagnostik). Nicht oder kaum dislozierte Grad-1- und -2-Läsionen können konservativ über eine 4-wöchige Ruhigstellung in Extension behandelt werden. Grad-2-Läsionen mit Weichteileinklemmung [fand sich bei 26% der Fälle, (Kocher 2003)] oder die dislozierten Grad-3- und -4-Läsionen stellen eine Indikation zur arthroskopischen Reposition und Osteosynthese dar. Hierbei muss

die häufige Interposition des Ligamentum transversum genus systematisch ausgeschlossen werden, da sie ein Repositionshindernis darstellt [in 26% der Grad-2- und 65% der Grad-3-Läsionen: (Kocher 2003), (Senekovic 2003)]. Es wurden verschiedene Arten der Fragmentrefixation beschrieben: Schrauben- und Drahtrepositionen sowie Repositionen mit transossären Nähten (z. B. PDS, Vicryl, Ethibond). Fugenüberbrückende Schraubenfixationen sollten vermieden oder nur temporär belassen werden. Nahtrepositionen haben den Vorteil, dass sie insbesondere bei Fragmentation der Eminentia eine gute Reposition der häufig intakten tibialen ligamentären Insertionsfläche erlauben. Diese Refixationen führen in der Regel zu guten Ergebnissen. Dennoch sind sekundäre Instabilitäten auch bei durchgeführter Reposition und Osteo-

synthese möglich, da mit der Fraktur oft eine starke Dehnung und plastische Deformierung des Ligamentes assoziiert sind. In solchen Fällen ist es möglich, das elongierte Band durch ein Ausfräsen der ligamentären Bruchstelle etwas tiefer im Knochen zu verankern. Verbleibt postoperativ oder nach der konservativen Behandlung ein Streckdefizit muss eine inkomplette Reposition ausgeschlossen und im Falle einer Bestätigung (re)arthroskopiert werden. Vor Narkosemobilisationen bei solchen Arthrofibrosen muss gewarnt werden, da sie zu gravierenden Frakturen führen können (Vander Have 2009).

Bandläsionen

Bis vor wenigen Jahren wurden Verletzungen des vorderen Kreuzbandes bis zum Wachstumsabschluss überwiegend konservativ behandelt. In Folge der resultierenden pathologischen Laxität und Instabilität des Kniegelenks wurden bei diesen Kindern und Jugendlichen häufig frühzeitige sekundäre Meniskusläsionen und bereits Arthrosezeichen beobachtet. In einer frühen Studie zum Thema berichtete Aichroth (Aichroth 2002) über eine schlechte Kniefunktion und eine schwere Instabilität bei 23 Kindern und Jugendlichen mit konservativer Behandlung nach VKB-Ruptur. Bei 15 Patienten wurde eine sekundäre Meniskusläsion, bei 3 eine osteochondrale Fraktur und bei 10 eine beginnende Arthrose festgestellt. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Streich u. Mitarb., die bei 58% ihrer initial konservativ behandelten Patienten eine sekundäre VKB-Plastik durchführen mussten. In einer frühen Literaturanalyse (Seil 2000) fassten wir die Ergebnisse aus 17 Arbeiten mit konservativ behandelten Patienten bzw. Bandnähten und extraartikulären Bandplastiken

zusammen und konnten feststellen, dass es mit diesen Therapiemaßnahmen in 91% bzw. 73% und 64% der zum damaligen Zeitpunkt in der Literatur beschriebenen Fälle zu einer Kniegelenksinstabilität kam. Intraartikuläre Bandplastiken hingegen führten in 86% der Fälle zu stabilen Kniegelenken.

Problematisch wurde bislang die Tatsache angesehen, dass man die körperliche Aktivität der Kinder nach überwandener akuter Verletzungsphase nur begrenzt einschränken kann. Deswegen erscheint auch die Verwendung von Orthesen bei Kindern häufig problematisch, zumal derzeit noch kaum Stabilisierungsorthesen für dieses Patientenkollektiv auf dem Markt angeboten werden.

Konservative Therapie, Sekundärschäden und Funktionstests

Auch wenn der natürliche Verlauf von VKB-Rupturen bei Kindern noch nicht vollständig geklärt werden konnte, gibt es zahlreiche Hinweise dafür, dass die hieraus resultierende pathologische Laxität eine präarthrotische Bedingung darstellt (Aichroth 2002; Bracq 1996; Engebretsen 1988; Kannus 1988; Mizuta 1995). Der degenerative Prozess beginnt häufig mit sekundären Meniskusläsionen. Initiale Meniskusverletzungen wurden bei 36–100% der intraartikulären VKB-Rupturen bei Kindern beschrieben (Andrews 1994; Bracq 1996; Lipscomb 1986), sekundäre Meniskusverletzungen fanden sich in 75% der Fälle innerhalb des 1. Jahres nach VKB-Ruptur (Bracq 1996). Hierbei ist es vor allem der mediale Meniskus, der bei chronischer vorderer Instabilität Sekundärschäden erleidet (Henry 2009; Millett 2002). Neueste Daten von Lawrence et al. (Lawrence 2009) erga-

ben, dass eine konservative Therapie von mehr als 12 Wochen das Risiko eines irreparablen medialen Meniskus Schadens vervierfachte, während die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens eines Knorpelschadens im lateralen Kompartiment um 11-mal und die eines patellochlearen Knorpelschadens um 3-mal höher im Vergleich zu einem frühzeitig operierten Patientenkollektiv lag. Nach stattgefundener „giving-way“-Episode stieg das Risiko eines irreparablen medialen Meniskus Schadens sogar auf das 11fache an. Diese Angaben bestätigen den Trend früherer Arbeiten, in denen die Entwicklung einer Früharthrose bei diesem jungen Patientenkollektiv beschrieben wurde (Aichroth 2002; Kannus 1988; Mizuta 1995). Sie stehen allerdings im Gegensatz zu den Beobachtungen von Woods u. O'Connor (Woods 2004), die möglicherweise als Folge eines zu kleinen Patientenkollektivs (13 Jugendliche) keine erhöhte Rate an Kniebinnenschäden bei verzögerter VKB-Plastik fanden. Es gab aber dennoch einen Trend zu einer höheren Zahl an Innenmeniskusläsionen im Falle einer chronischen VKB-Insuffizienz von mehr als 6 Monaten (Woods 2004).

Weiter oben zitierten wir die Arbeit von Streich und Mitarb., die ergab, dass 58% der initial konservativ behandelten Patienten sekundär stabilisiert werden mussten. Dies bedeutet aber auch gleichzeitig, dass 42% der Patienten ohne Operation zurecht kamen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch die Arbeitsgruppe um Engebretsen aus Norwegen (Moksnes 2008) mit ihren Funktionsanalysen und Sprungtests nach VKB-Ruptur bei Kindern. In Abhängigkeit der Tatsache, ob Patienten ihre VKB-Insuffizienz funktionell kompensieren konnten oder nicht, wurden sie in „copers“ (Kompensierer) oder „non-copers“ unterteilt. Vier verschiedene Einbeinsprungtests, isokinetische

Muskelkraftmessungen und 3 Funktionsscores (IKDC 2000, KOS-ADLS und Lysholm) wurden hierzu verwendet. Nachuntersucht wurden 26 Kinder (20 nichtoperierte und 6 operierte). Von den nichtoperierten Patienten kehrten 65% zum Aktivitätsniveau vor der Verletzung zurück, 50% wurden als „Kompensierer“ eingestuft; bei 9,5% traten sekundäre Meniskusläsionen auf. In der Gruppe der operierten Patienten wurden 67% als „copers“ eingestuft (Moknes 2008). Auch wenn diese funktionellen Untersuchungen ein erhebliches Potenzial haben, welches sowohl bei der Operationsindikation als auch in der Nachbehandlung bei der Frage der Wiederaufnahme des Sports nützlich sein könnte, so erscheint es derzeit noch nicht möglich, prospektiv die Patienten mit einer funktionellen Instabilität von sogenannten Kompensierern zu unterscheiden.

Noch nicht abschließend geklärt sind Verlauf und Vorgehensweise bei VKB Partialrupturen. Kocher und Mitarb. untersuchten 45 Patienten mit offenen Wachstumsfugen und arthroskopisch gesicherten Partialrupturen bei denen initial kein VKB-Ersatz durchgeführt wurde. In einem Zeitraum von 2 Jahren nach der Diagnose musste bei 31% eine VKB-Plastik durchgeführt werden. Dies insbesondere dann, wenn eine Ruptur von mehr als 50% des VKB-Durchmessers oder eine Läsion des posterolateralen Bündels vorlag. Die Empfehlung der Autoren war bei Kindern und Jugendlichen unter 14 Jahren mit VKB-Partialrupturen zunächst eine konservative Behandlung einzuleiten.

Die therapeutische Herausforderung besteht demnach darin, die Balance zwischen operativer Behandlung, mit dem Risiko von Wachstumsdeformitäten bei Epiphysenfugenverletzung, und konservativer Therapie, mit der Möglichkeit von sekundären

Meniskusläsionen und folglich der Entwicklung einer Früharthrose, zu finden.

Differentialdiagnose, Wachstum und kapsuloligamentäre Reifung des Kniegelenks

Es erscheint uns wichtig darauf hinzuweisen, dass die Diagnose der Kreuzbandläsion bei Kindern trotz des heutigen Kenntnisstandes leider noch allzu häufig mit Verspätung gestellt wird [durchschnittlich 1 Jahr

nach dem Erstunfall (Chotel 2007)]. Dies ist dadurch bedingt, dass die Diagnosestellung schwieriger als beim erwachsenen Patienten ist. Im Akutstadium tritt häufig ein Hämarthros ein, der jeweils zu etwa einem Drittel durch die Kreuzbandläsion, eine Patellaluxation oder eine Meniskusläsion bedingt sein kann (Luhmann 2003). Liegt eine Kniegelenksblockade vor, so ist sie meist durch eine osteochondrale Läsion oder einen eingeschlagenen Meniskuslappen oder Korbhenkel bedingt (Abb. 1). Wegen der vermehr-



Abbildung 1
MRT eines 12-jährigen Jungen mit VKB-Läsion, Läsion des Außenmeniskushinterhorns und chondraler Absprengung der posterolateralen Tibiakante (Pfeil); oben rechts: das nicht mehr zu refixierende Knorpelfragment.

ten Laxität ist die Diagnosestellung bei Kindern schwieriger als bei Erwachsenen. Deswegen sollte die klinische Untersuchung immer im Seitenvergleich erfolgen.

Das kindliche Kniegelenk hat eine größere physiologische Laxität als das Kniegelenk des Erwachsenen. Bei 10-Jährigen ist eine anteriore Laxität von 4 mm normal (Baxter 1988). Hierdurch ist auch der Pivot-Shift-Test trotz intaktem VKB häufig abnormal. Moksnes et al. (Moksnes 2008) beschrieben einen pathologischen Pivot-Shift-Test Grad C und D bei 85% der von ihnen untersuchten unverletzten Kinderkniegelenke. Mit zunehmender Reifung nimmt diese Laxität etwa ab dem 12. (Mädchen) bzw. 13. Lebensjahr (Jungen) ab. Dies verläuft parallel zur Ausreifung der Wachstumsfugen.

Das Wachstum am Kniegelenk wird von 3 Wachstumsfugen bestimmt: die Fuge am distalen Femur, die Fuge der proximalen Tibia und ihre ventrale Ausschwingung nach distal, die Apophyse der Tuberositas tibiae. Sie haben das höchste Wachstumspotenzial im menschlichen Körper und machen 2/3 des Längenwachstums der unteren Extremität aus (im Schnitt 34 cm bei Frauen und 38 cm bei Männern). 60% des Wachstums der unteren Extremität kommen aus der femoralen, 40% aus der tibialen Fuge. Das Wachstumspotenzial des Kniegelenks beträgt zwischen dem 10. und dem 16. Lebensjahr 7,3 cm bei Mädchen und 12,3 cm bei Jungen. Der Fugenverschluss ist bei Mädchen bei einem Skeletalter von 14–15 Jahren zu erwarten. Bei Jungen kommt es etwa 2 Jahre später zum physiologischen Fugenverschluss (Seil 2004) (Abb. 2). Von Bedeutung bei dieser Jahresangabe ist, dass es sich hierbei nicht um das chronologische, sondern um das interindividuell vergleichbarere Skeletalter handelt. Im Hinblick auf die operative Versorgung sind folgende Faktoren von Be-

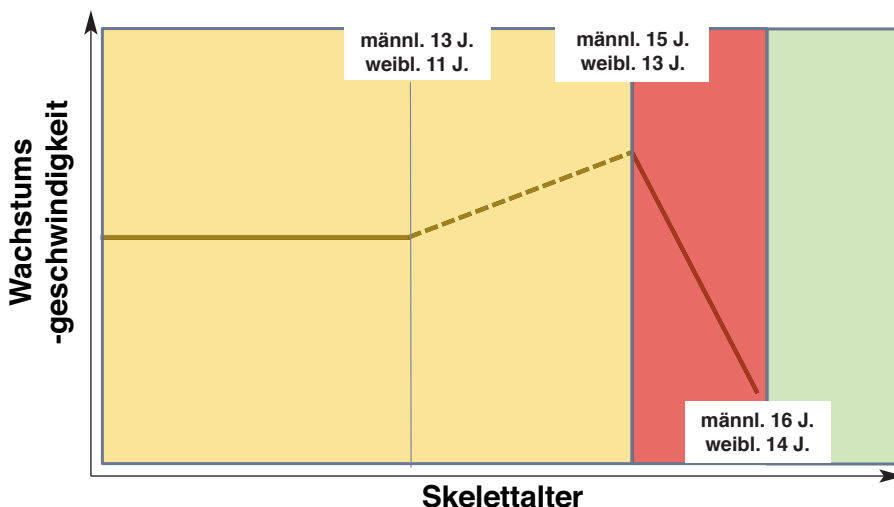


Abbildung 2

Wachstumsgeschwindigkeit der kniegelenknahen Fugen in Abhängigkeit vom Skeletalter. In Phase 1 (gelb) wachsen die Fugen ca. 2 cm/Jahr. In der ersten Phase steigt zum Zeitpunkt des Wachstumsschubes die Geschwindigkeit an. In der Phase 2 (rot) kommt es zu einer Abnahme der Wachstumsgeschwindigkeit (Jungen ca. 15 Jahre, Mädchen ca. 13 Jahre). Hier ist das Risiko eines vorzeitigen Fugenschlusses höher. Ggf. sollte hier eine abwartende Strategie verfolgt werden und die Rekonstruktion nach Abschluss des Wachstums erfolgen (Phase 3, grün) (modifiziert nach Gicquel et al. 2007).

deutung: Vor der Pubertät beträgt die Wachstumsgeschwindigkeit der kniegelenknahen Fugen ca. 2 cm/Jahr. Der pubertäre Wachstumsschub ist an der unteren Extremität geringer ausgeprägt als am Rumpf. Es kommt zu einem leichten Anstieg der Wachstumsgeschwindigkeit bei einem Skeletalter von 11 Jahren bei Mädchen und 13 Jahren bei Jungen. Ab dem 13. Jahr bei Mädchen und dem 15. Jahr bei Jungen nimmt sie rapide ab, um ein Jahr später zum Stillstand zu kommen [Abb. 2; (Gicquel 2007)]. Es ist nahe liegend, dass während dieser langsameren Wachstumsphase die Gefahr eines frühzeitigen iatrogenen Fugenverschlusses am höchsten ist, da die Wachstumsfuge nur noch eine ungenügende Distractionskraft aufbringen kann, um eine permanente Knochenbrückenbildung zu verhindern (Chotel 2010; Wilmes 2009). Der Verschluss der Fugen beginnt zentral und verläuft zentrifugal. Bei transphysären Bohrkanälen ist dies v. a. für den femoralen Tun-

nel von Bedeutung, da er exzentrisch im posterolateralen Fugenbereich liegt. Demnach ist die Fuge hier noch länger offen als im zentraler gelegenen Bereich des tibialen Bohrkanals. Die Apophyse der Tuberositas tibiae schließt sich erst zwischen dem 16. und 18. Lebensjahr (Sasaki 2002). Auch diese sollte bei der Präparation des tibialen Bohrkanaleingangs oder der Entnahme der Pes anserinus-Sehnen geschützt werden.

Präoperative Diagnostik und Operationsplanung

Zur standardmäßigen Röntgendiagnostik empfehlen wir eine a.p.-, seitliche und patellofemorale Aufnahmen sowie eine a.p.-Aufnahme in 45° Beugstellung zum Ausschluss der sehr seltenen knöchernen Ausrisse der femoralen Bandinsertion. Die MRT-Diagnostik gehört ebenfalls zu den Standarduntersuchungen bei VKB-Läsionen im Kindes- und Ju-

gentalter, zum einen zur Beurteilung des VKB selbst, zum anderen zur Abklärung von Begleitverletzungen am Knorpel und Meniskus. Hierzu bedarf es eines Kernspintomogramms von guter Qualität, da die Beurteilung der Kreuzbandläsion bei Kindern schwieriger ist als bei Erwachsenen. Insbesondere in der Altersgruppe unter 12 Jahren konnte gezeigt werden, dass die Sensitivität der MRT zur Diagnostik von Kniebinnen-schäden lediglich 62% bei einer Spezifität von 90%, betrug. In der Alterskategorie von 12–16 Jahren verbesserten sich Sensitivität und Spezifität auf 78 bzw. 96% (Kocher 2001).

Bei gesicherter VKB-Ruptur bei offenen Wachstumsfugen sollten eine Bestimmung des Skeletalters und eine Wachstumsprognose anhand einer Röntgenaufnahme der linken Hand und z. B. der Tabellen von Greulich und Pyle durchgeführt werden. Diese Bestimmung ist präziser als die physiologische Reifebestimmung mit Hilfe der Tanner Stadien. Zur Objektivierung des Restwachstums im Knie können die Patienten dann in eine der 3 „Wachstums-kategorien“ des Kniegelenks unterteilt werden (Abb. 2). Diese Vorgehensweise hat sich bei Kindern vor oder während der Pubertät im klinischen Alltag bestätigt (Wilmes 2009). Eine präoperative Ganzbeinaufnahme dient zur Objektivierung der Achsverhältnisse und bereits bestehender Beinlängendifferenzen.

Indikationsstellung

Die Indikation zur operativen Therapie bei Kindern und Jugendlichen wird zunehmend großzügiger gestellt (Beynon 2005).

Auf eine Kreuzbandrekonstruktion im Akutstadium sollte dennoch, wenn möglich, verzichtet werden. Kam es bei der Kniedistorsion zu einer osteo-

chondralen Abspregung oder einem eingeschlagenen Korbhenkelriss bzw. einer durch die Meniskusläsion hervorgerufene Blockade, wird deren arthroskopische Versorgung im Frühstadium empfohlen. Beim derzeitigen Stand der Meniskusreparationen müssen Korbhenkelresektionen bei Kindern und Jugendlichen der Vergangenheit angehören. Beherrscht man die Technik der Meniskusreparation nicht, sollte das eingeschlagene Gewebe reponiert, das Kniegelenk ruhig gestellt und der junge Patient in ein ausgewiesenes Zentrum zur Sekundärversorgung überwiesen werden. Wird der Meniskus repariert, sollte die VKB-Plastik nur dann gleichzeitig erfolgen, wenn der Operateur Erfahrung mit diesen Eingriffen bei Kindern besitzt und wenn die Eltern im Vorfeld eingehend auf die spezifischen Komplikationsmöglichkeiten des Eingriffs hingewiesen wurden. Das Risiko der Arthrofibrose nach Kniegelenkseingriffen im Akutstadium ist nach unserer Erfahrung bei Kindern geringer ausgeprägt als beim Erwachsenen. Meniskusrekonstruktionen ohne gleichzeitigen Bandersatz sollten aufgrund der sehr hohen Rerupturrate der Menisken vermieden werden. Wie bereits erwähnt, sollte im Akutstadium differentialdiagnostisch die Möglichkeit der Patellaluxation nicht außer Acht gelassen werden, da sie für etwa ein Drittel der Fälle eines im Rahmen einer Kniedistorsionen auftretenden Hämarthros verantwortlich ist (Luhmann 2003). Liegt keine Meniskus- oder Knorpelläsion vor, die einer akuten Versorgung bedarf, empfehlen wir in den ersten Wochen nach der Kniegelenkdistorsion eine konservative Behandlung einzuleiten. Anschließend schlagen wir ein strukturiertes Rehabilitationsprogramm über einen Zeitraum von 3–6 Monaten vor, mit engmaschigen klinischen Kontrollen. Eine normale physische Aktivität sollte erlaubt

werden mit der Einschränkung, dass die Teilnahme an so genannten „Pivoting“-Sportarten wenn möglich nur mit einer stabilisierenden Orthese erlaubt werden sollte – auch wenn diese häufig nur ungenutzten getragen werden. Diese Zeit sollte ebenfalls genutzt werden, um die jungen Patienten und ihre Eltern auf die bei Kindern schwierigere Problematik als bei Erwachsenen zu sensibilisieren.

Im chronischen Stadium bzw. bei verspäteter Diagnosestellung hängt die Indikation zum VKB-Ersatz von den funktionellen Symptomen und den Begleitläsionen ab. Der Eingriff ist dann absolut indiziert, wenn es bereits zu instabilitätsbedingten Meniskusläsionen gekommen ist. Ziel ist in solchen Fällen die Prävention der Früharthrose. Aufgrund der häufig beobachteten sekundären Meniskusläsionen nach konservativ versorgter kindlicher VKB-Ruptur (75% innerhalb des 1. Jahres (Bracq 1996) erscheint besonders bei sehr jungen Kindern ein frühzeitiger Bandersatz gerechtfertigt. Dieser soll den Kindern ein normales Leben ohne Einschränkung ihrer körperlichen Alltagsaktivitäten ermöglichen. Die bei Erwachsenen sehr leicht zu erfragenden subjektiven Instabilitätszeichen (sog. „Giving-way“-Phänomene) können bei Kindern häufig nur nach längerem, präzisen Nachfragen in Erfahrung gebracht werden.

Seit wenigen Jahren stehen mit der Hilfe von Funktionstests und besseren Kenntnissen des kniegelenknahen Wachstums neue Instrumente zur Verfügung, die bei der Indikationsstellung und Operationsplanung behilflich sein können. Ihre Auswertung ist wissenschaftlich noch nicht abgeschlossen, sie verfügen aber über ein großes Potential zur objektiven Klärung der Notwendigkeit der Operationsindikation. Funktionstests können außerhalb

des Akutstadiums über die subjektive Instabilität Auskunft geben (Moksnes 2008). Es ist bekannt, dass Kinder bei der Rezeption eines Sprunges ein valgisches Landungsmuster aufweisen, ähnlich dem das man bei Frauen beobachten kann. Dieses ist mit einem erhöhten Risiko von Kreuzbandverletzungen vergesellschaftet. Mit zunehmendem Reifeprozess nehmen die Jungen dann ein eher varisches Landungsmuster ein (Hewett 2006). Solche Sprungtests lassen sich unkompliziert in den Behandlungsprozess einbauen und stellen eine einfache Orientierungshilfe bei der späteren Entscheidungsfindung dar (Moksnes 2008). Hinweise auf das verbleibende Wachstumspotential des Kniegelenks liefert die Skeletalterbestimmung in Kombination mit Abb. 2. Diese Methode verdeutlicht auf eine sehr einfache Art und Weise die verbleibende Zeit bis zum Fugenverschluss und ist insbesondere dann hilfreich, wenn Skeletalter und biologisches Alter nicht übereinstimmen.

Die Autoren schlagen demnach folgenden Behandlungsalgorithmus vor: bei einer isolierten VKB-Ruptur sollte zugunsten einer konservativen Behandlung mit sehr engmaschiger Betreuung zunächst auf eine frühzeitige Rekonstruktion verzichtet werden. Eine Operationsindikation liegt bei sekundären Meniskusläsionen und einem oder mehreren „Giving-way“-Phänomenen vor (Moksnes 2008). Nach Abschluss des Längenwachstums kann wie bei Erwachsenen vorgegangen werden.

Operative Technik

In der Literatur findet sich eine Vielzahl an Techniken zur VKB-Plastik bei Kindern. Sie unterscheiden sich in Bezug auf Art, Verlauf und Fixation des Sehnentransplantats. Es wird unterschieden zwischen Verfah-

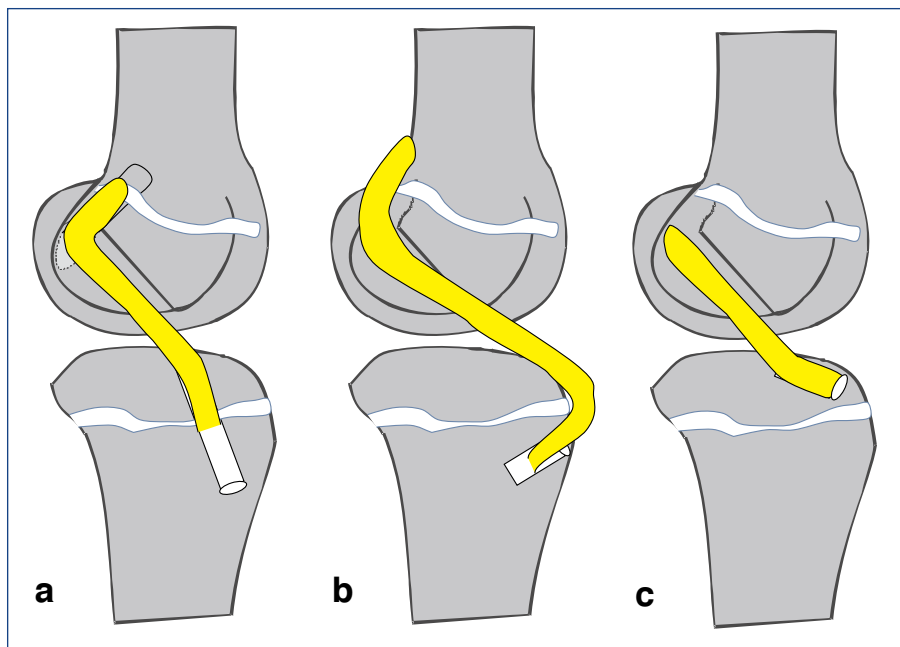


Abbildung 3

Zusammenfassung der verschiedenen Operationstechniken zum VKB-Ersatz bei offenen Wachstumsfugen. Man unterscheidet zwischen transepiphysären (bei denen die Bohrkanäle die femorale und die tibiale Wachstumsfuge kreuzen, a), extraepiphysären (bei denen das Transplantat um die Wachstumsfuge herumgeleitet wird, b) und epiphysären Techniken (bei denen die Bohrkanäle ausschließlich durch die Epiphyse führen, c). Darüber hinaus gibt es noch Mischformen bei denen an Tibia und Femur mit unterschiedlicher Technik operiert wurde.

ren, bei denen die Bohrkanäle die femorale und die tibiale Wachstumsfuge kreuzen (transepiphysäre Techniken), und solchen, bei denen weder die tibiale noch die femorale Fuge verletzt wird (Abb. 3). Bei letzteren differenziert man Eingriffe, bei denen das Transplantat um die Wachstumsfuge herumgeleitet werden kann (extraepiphysäre Techniken), von solchen, bei denen die Bohrkanäle ausschließlich durch die Epiphyse führen (epiphysäre Techniken). Beide sind technisch anspruchsvoller als die transepiphysäre Technik. Während die extraepiphysäre VKB-Plastik keinen anatomischen VKB-Ersatz ermöglicht, bergen epiphysäre VKB-Plastiken ein größeres Verletzungsrisiko für die Wachstumsfugen.

Die früher bei Kindern häufig verwendeten extraartikulären Bandplas-

tiken werden heute nur noch vereinzelt durchgeführt (Gebhard 2006). Wie bei Erwachsenen werden auch bei Kindern heute überwiegend intraartikuläre Bandplastiken empfohlen. Im deutschen Sprachraum scheint die arthroskopische transepiphysäre Einkanalrekonstruktion die am weitesten verbreitete Technik zu sein (Abb. 4). Sie wird mit einem 3- oder 4-bündeligen Semitendinosussehnentransplantat durchgeführt. Die Transplantatfixation erfolgt gelenkfern und extrakortikal (femoraler Kippknopf, z. B. Endobutton, Smith & Nephew oder Retrobutton, Arthrex; tibialer Nahtknopf, z. B. Suture Disc, Aesculap bzw. über eine Pollerschraube). Eine direkte Sehnenfixation mit einer biodegradierbaren tibialen Interferenzschraube wurde von Jäger und Mitarb. (Ulmer 2008) beschrieben wenn die Distanz zwi-

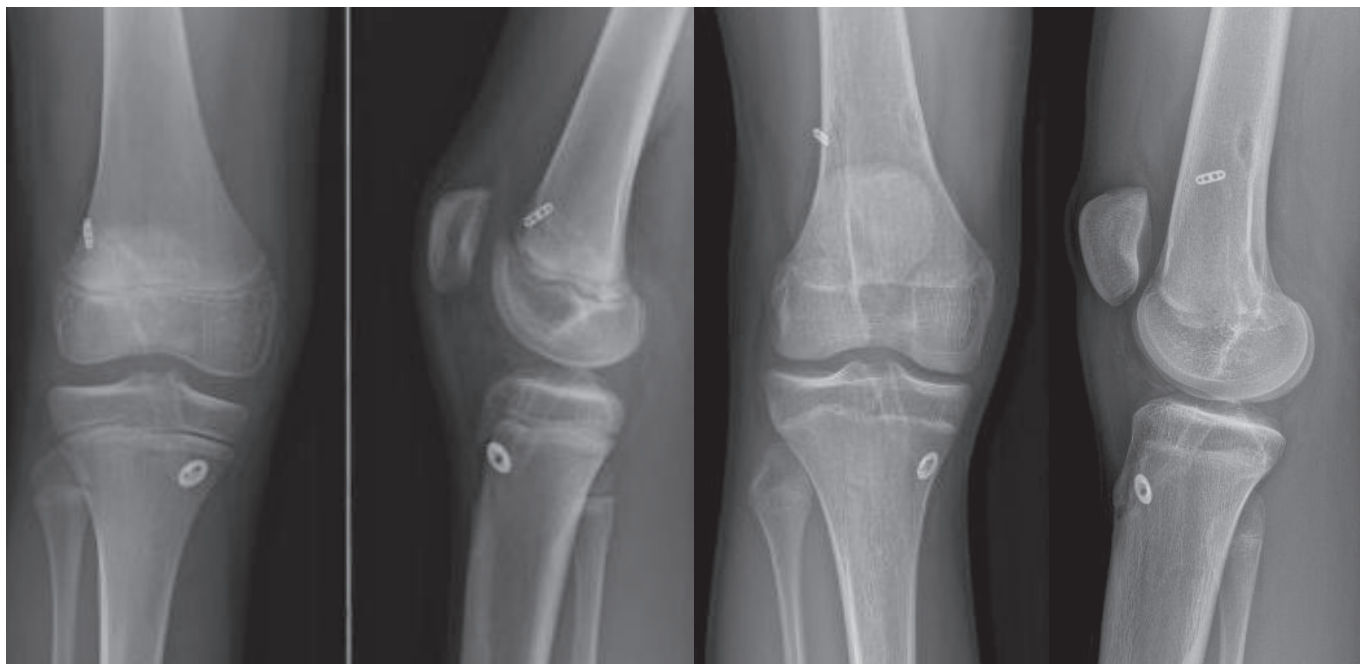


Abbildung 4

A.p.- und Seitenaufnahme eines Jungen, der im Alter von 11 Jahren mit einer transepiphysären 4-fach-Semitendinosus-Grazilisplastik und gelenkferner, extrakortikaler Fixation versorgt wurde (links). Fünf Jahre später, bei fast abgeschlossenem Längenwachstum (20 cm seit der Operation) (rechts), fanden sich weder Beinlängendifferenz noch Achsabweichung. Der femorale Fixationsknopf hat sich durch das Wachstum nach proximal verschoben. Bei der letzten klinischen Untersuchung fanden sich ein negatives Lachman-Zeichen sowie ein negativer Pivot-shift-Test.

schen tibialen Tunneleingang und tibialer Wachstumsfuge groß genug war um die Schraube zu verankern. Mit Ausnahme der spezifischen Berücksichtigung der Anatomie des kindlichen Kniegelenks unterscheidet das Verfahren sich nur unwesentlich von der gleichen Technik beim Erwachsenen. Der Durchmesser des Transplantats beträgt in der Regel 6–7 mm (maximal 8 mm). Obwohl die Sehnen gewöhnlich dünner als beim Erwachsenen sind, gelingt es meistens dennoch, den gewünschten Transplantatdurchmesser zu erhalten. Sollte dies nicht der Fall sein, oder im Falle einer inkompletten Sehnenstrangentnahme, kann alternativ oder zusätzlich auf einen Sehnenstreifen ohne Knochenblöckchen aus der Patellar- oder Quadrizepssehne zurückgegriffen werden. Zur Vermeidung einer möglichen Kno-

chenbrückenbildung wird empfohlen, das Transplantat dem Kanaldurchmesser anzupassen („press-fit“). Um die tibiale Fugenverletzung zu minimieren, wird der tibiale Bohrkanaal (Abb. 5) etwas vertikaler positioniert als beim Erwachsenen und der Tunneleingang etwas weiter medial, um die Apophyse der Tuberositas tibiae nicht zu verletzen. Zur Minimierung des Risikos einer sekundären Wachstumsstimulierung sollte versucht werden, möglichst weichteilschonend zu operieren. So sollte beispielsweise auf eine aggressive Deperiostierung des tibialen Tunneleingangs verzichtet werden (Chotel 2010).

Femoral sollte das VKB möglichst anatomisch positioniert werden. Sogenannte „over-the-top“-Techniken wurden weitgehend verlassen. Zur Vermeidung einer Verletzung der pe-

richondralen Strukturen oder eines Ausbrechens der dorsalen Femurkortikalis wurde empfohlen, auch bei Kindern ein femorales Zielgerät mit einer 5-mm-Stufe („offset“) zu benutzen (Seil 2008). Bohrt man den femoralen Tunnel transtibial, kommt es in der Regel zu einer vertikaleren Positionierung des Transplantats, welches eine geringere Kontrolle der femorotibialen Rotationsstabilität zur Folge haben kann (siehe Kapitel Tunnelposition). Wird der femorale Kanal durch das anteromediale Portal angebracht, kommt es zwar zu einer horizontaleren und anatomischeren Positionierung des Transplantats und somit möglicherweise zu einer Verbesserung der Rotationsstabilität, allerdings wird hierbei die femorale Wachstumsfuge in einem schrägeren Winkel angebohrt. Hierdurch entsteht eine um ein Viel-

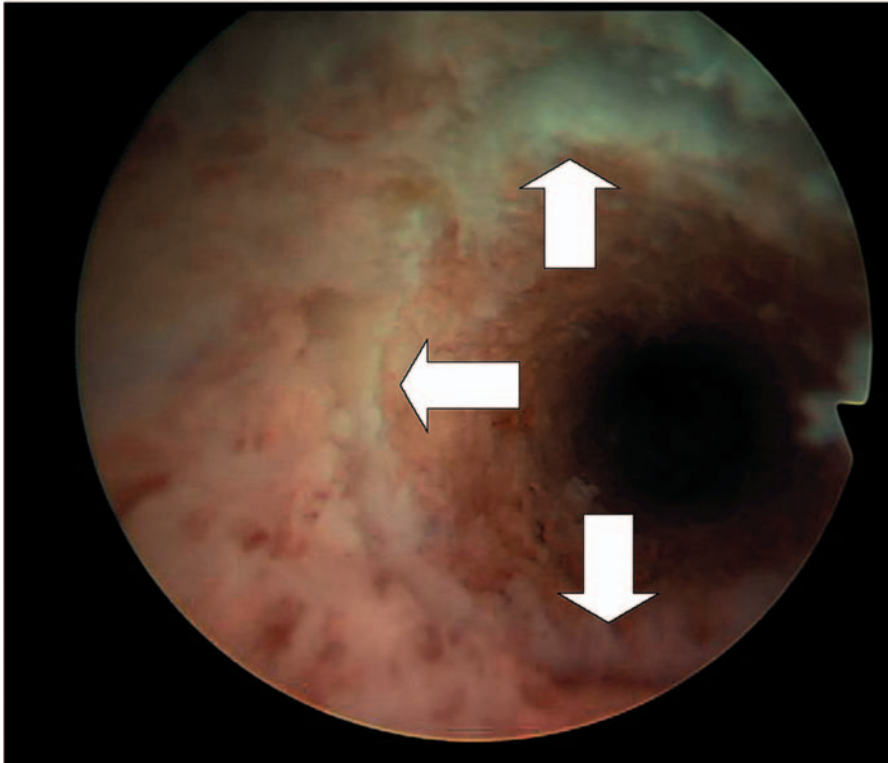


Abbildung 5
Sicht in einen tibialen Bohrkanal bei einem 12-jährigen Jungen. Die Wachstumsfuge ist gut erkennbar (Pfeile).

faches größere Fugenläsion als bei der transtibialen Tunnelanlage. Inwiefern dies zum vermehrten Auftreten von Wachstumsschäden führen kann, wurde noch nicht abschließend geklärt. Ein Mittelweg besteht darin über den Tibiakanal von parasagittal medial unter maximaler Angulation des Zielhakens im Tibiakanal und Flexion des Kniegelenks von 90–100° femoral das Sackloch zu präparieren. Alternativ kann eine rein epiphysäre Technik gewählt werden, bei der der femorale Kanal von aussen nach innen bzw. von intraartikulär nach extraartikulär mit Hilfe von neu entwickelten speziellen Bohrtechniken (z. B. Retrodrill oder Flippcutter, Arthrex) gebohrt wird. Der Bohrer muss kaudal und parallel zur Epiphysenfuge liegen. Wird letztere tangiert entsteht ein sehr grosser Fugenschaden mit hohem

Risiko einer Wachstumsstörung. Deswegen sollte bei dieser Technik die systematische intraoperative Zuhilfenahme eines Bildwandlers gefordert werden. Diese verschiedenen technischen Variationen im Zusammenhang mit dem femoralen Bohrkanal zeigen, dass diesbezüglich noch kein Konsens gefunden werden konnte und für den Operateur weiterhin Spielraum für eine individuelle Betreuung dieses sehr spezifischen Problems besteht. Die in >50% der Fälle assoziierten Meniskusläsionen (Bracq 1996; Moksnes 2008; Wilmes 2009) sollten wenn immer möglich repariert werden. Resektionen von Korbhakenläsionen sind nur noch in Ausnahmefällen zu empfehlen (lange Luxationszeit des Korbhakens mit sekundärer plastischer Deformierung des Meniskusgewebes, spontane Reluxation nach

Reposition bei 90° gebeugtem Kniegelenk) und sollten wenn möglich systematisch repariert werden.

Fugenverletzung bei arthroskopischer VKB-Plastik

Verletzungen der kniegelenknahen Wachstumsfugen können zu Epiphysiodesen und sekundären Beinverkürzungen oder Achsabweichungen führen. Die Wachstumsfugen tolerieren aber ein gewisses Grad an Traumatisierung, ohne dass es zu diesen unerwünschten Ereignissen kommt. Wird die Fuge durchbohrt, regeneriert sich der Fugenknorpel nicht und der Bohrkanal füllt sich mit Knochen. Durch das weitere Wachstum erzeugt die verbleibende Fuge eine Distraktionskraft, die dazu führt, dass die entstandene Knochenbrücke sich dem Wachstum anpasst und ständig umgebaut wird. Tierversuche haben ergeben, dass dieser knöcherne Remodellierungsprozess ab einer Verletzung von 7–10% der Wachstumsfugenfläche nicht mehr stattfinden kann und Wachstumsstörungen zu erwarten sind. Übertragen auf ein a.p.-Röntgenbild beim Kind entspricht dieser Grenzwert etwa 20% der Wachstumsfugenbreite. Wählt man eine VKB-Plastik, bei der es zu einer Durchbohrung der Fuge kommt, sollte der Durchmesser des Bohrkannals möglichst klein gewählt werden. Es konnte gezeigt werden, dass mit einem Bohrkanal von 6–8 mm bei einem 10-jährigen Kind weniger als 5% der tibialen Wachstumsfuge verletzt werden. Füllt man den Bohrkanal mit Weichteilgewebe, kann die Bildung einer vollständig ausgeprägten Knochenbrücke verhindert werden (Stadelmaier 1995; Wilmes 2009). Neuere Untersuchungen an knapp hundert VKB-Plastiken bei präpubertären Kindern haben gezeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen der Beinachse sowie der Beinlänge und

dem Bohrkanddurchmesser gibt. Wurde ein Bohrkanddurchmesser von 9 oder mehr mm angelegt kam es tendenziell zu einer Beinverlängerung und einer Valgisierung der Beinachse auf der operierten Seite (Chotel 2007). Wir empfehlen deshalb bei offenen Wachstumsfugen immer einen Bohrkand von weniger als 9 mm Durchmesser zu wählen.

Bei der transepiphysären VKB-Plastik, wie wir sie auch klassischerweise vom Erwachsenen kennen unterscheiden sich beide Bohrkandäle durch ihre Lage erheblich voneinander. Während der tibiale Bohrkand die Fuge in ihrem Zentrum durchquert, wird die femorale Fuge durch die posterolaterale Lage des Bohrkandals an ihrer Peripherie verletzt. Neuere Tierversuche am Schafsmo- dell ergaben, dass das Risiko eines Fugenverschlusses mit Achsabwei- chung femoral höher ist als tibial (Wilmes 2009). Zentrale Läsionen der tibialen Wachstumsfuge hatten hier keine Wachstumsschäden zur Folge. Am peripheren Femur hinge- gen führten posterolaterale Fugen- verletzungen bei leeren Bohrkandälen zu Femurverkürzungen, Valgus- und Flexionsdeformitäten. Die histologi- schen Untersuchungen zeigten eine feste Knochenbrücke sowie eine Ver- letzung eigenständiger histologi- scher Strukturen an der Peripherie der Wachstumsfuge, dem Ranvier- schen Schnürring und dem perichon- dralen Ring von LaCroix. Sofern man die Ergebnisse dieser Tierversuche auf das menschliche Knie übertragen kann, scheint es demnach empfe- henswert diese histologischen Struk- turen zu schonen. Sie können durch ein Ausbrechen der dorsalen Femurk- ortikalis („posterior blow out“) oder durch eine zu starke Deperiostierung bei der früher häufig verwendeten sogenannten „over the Top Technik“ verletzt werden.

Bei der Durchführung einer VKB- Plastik bei Kindern erscheint uns die

Tabelle 1

Technische Empfehlungen zur VKB-Rekonstruktion bei Kindern.

Technische Empfehlungen zur VKB-Rekonstruktion bei Kindern
■ Bestimmung der Wachstumsprognose des Kniegelenks
■ Berücksichtigung der spezifischen Anatomie des kindlichen Knie- gelenks
■ Anpassung des Bohrkanddurchmessers an die Größe des Kniegelenks (kleinstmöglicher Durchmesser)
■ Vermeidung einer Verletzung des Ranvierschen Schnürrings
■ Überbrückung der Wachstumsfugen in den Bohrkandälen mit Sehnen- material
■ Vermeidung einer zu hohen Transplantatspannung
■ Vermeidung einer fugenüberbrückenden Transplantatfixation mit Fixationsmaterial oder Knochenblöckchen

exakte Kenntnis der spezifischen anatomischen Gegebenheiten und der hieraus resultierenden Opera- tionsrisiken von großer Bedeutung. Eine Zusammenfassung der opera- tionstechnischen Empfehlungen bei transepiphysärer VKB-Plastik ist in Tabelle 1 dargestellt.

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung wird in der Re- gel vorsichtiger gehandhabt als beim Erwachsenen. Postoperativ ist eine Orthesenanlage notwendig, dies aus Gründen des Transplantatschutzes, aber insbesondere auch zur Sensibi- lisierung des Kindes und seiner Mit- schüler. Die Kinder dürfen das ope- rierte Bein mit einer Orthese für 6 Wochen in Streckstellung belasten. Kontaktsportarten werden frühes- tens ab 6 Monaten freigegeben. Der Entscheid zur Freigabe obliegt dem Operateur in Zusammenarbeit mit den behandelnden Physiotherapeu- ten und Trainern. Sie sollte idealer- weise erst nach erfolgreich bestan- dener Sprungtestreihe und Funk-

tionstests erfolgen (Risberg 1994, Gustavsson 2006, Neeter 2006, Moksnes 2008).

Ergebnisse

Die weiter oben bereits zitierte Mul- tizenterstudie aus Frankreich stellt die derzeit größte publizierte Serie von Kreuzbandplastiken bei offenen Wachstumsfugen dar (Bonnard 2007). Von 119 operierten Kindern standen 102 (86%) zur Nachuntersuchung zur Verfügung. Der mittlere Zeitraum zwischen Verletzung und Operation betrug 10,4 (1–65) Monate. Zum Zeitpunkt der Operation betrug das mittlere Alter 12,3 (6,4–15,1) Jahre. In 3 von 4 Fällen wurde die Indika- tion aufgrund einer Instabilität, in einem von 4 Fällen wegen sekundä- rer Meniskusschäden gestellt; ein Patient wurde wegen seiner Aktivität als Hochleistungssportler operiert. Fünf unterschiedliche Techniken wurden angewendet: Technik nach Clocheville (63 Fälle), Technik nach Debrousse (14 Fälle), Over-the-top- Technik mit Fascia lata (14 Fälle),

transphysäre Technik mit Semitendinosustransplantat (5 Fälle), femorale epiphysäre Technik (6 Fälle).

Zum Zeitpunkt der operativen Erstversorgung lagen 34 Meniskusläsionen (23 Außenmenisken, 11 Innenmenisken) vor, wovon 30 rekonstruiert werden konnten.

Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug $3,5 \pm 2,7$ (1–14) Jahre. Der mittlere Zufriedenheitskoeffizient betrug $8,5/10$ ($n = 101$), wobei 70% der Patienten zu keinem Zeitpunkt Schmerzen im Bereich des operierten Kniegelenks angaben. Der mittlere subjektive IKDC-Score lag bei 91 ± 13 (39–100). Die Wiederaufnahme des Sports erfolgte nach $11 \pm 4,5$ Monaten ($n = 85$), 18% der Patienten erlangten hierbei ein höheres Niveau als vor der Verletzung, 11% dagegen mussten ihr Sportniveau reduzieren bzw. die Sportausübung aufgeben.

Fünf Rupturen wurden beobachtet, wovon 2 auf technisches, eine auf biologisches Versagen und 2 auf ein erneutes Trauma zurückgeführt wurden. Bei 21 Patienten wurde eine konstitutionelle Bandlaxität festgestellt. Die Laxitätsmessungen wurden als differenzielle Werte nach Untersuchung mit dem KT-1000 bestimmt. Bezüglich der a.p.-Laxität wurden 77% der Patienten in die IKDC-Kategorie A, 18% in die Kategorie B und 2 bzw. 5% in die Kategorien C und D eingestuft. Insgesamt wurden 84% gute Ergebnisse nach dem IKDC-Score beobachtet und 9 IKDC-Werte <72 erhoben. Die Erfolgsrate nach Meniskuserhalt betrug 83%. Lediglich eine sekundäre Meniskusläsion trat nach 3,5 Jahren auf. Diese detaillierte Darstellung zeigt, dass die Ergebnisse der VKB-Ersatzplastik bei offenen Wachstumsfugen sehr ansprechend und durchaus mit den Ergebnissen von erwachsenen Patienten vergleichbar sind.

Eine interessante Vergleichsstudie zwischen operativem und konserva-

tivem Behandlungsschema führten Streich und Mitarb. (Streich 2010) durch. In einem Zeitraum von 5 Jahren schlossen sie 31 Kinder im Tanner Stadium 1 oder 2 (mittleres Alter 11 Jahre) in ihre Studie ein. 17 Patienten, bei denen eine assoziierte intraartikuläre Pathologie (Meniskusschaden oder osteochondrale Läsion) vorlag wurden mit einer autologen, transphysären Semitendinosussehnenrekonstruktion versorgt, während die 14 verbleibenden Patienten mit einer isolierten VKB-Ruptur konservativ behandelt wurden. 28 Patienten konnten nach durchschnittlich 70 Monaten nachuntersucht werden. Es fand sich kein Patient mit einer Varus- oder Valgusdeformität oder Beinlängendifferenz. Das mittlere Körperwachstum betrug 20,3 cm. Die operativ versorgten Patienten hatten signifikant bessere klinische Ergebnisse sowohl in Bezug auf Kniestabilität (KT-1000 und „pivot shift“) als auch Funktion (IKDC median 95 gegen 87; Lysholm score median 93 gegen 84). Auch der Tegner Score erwies sich bei den operierten als signifikant besser. 58% der initial konservativ behandelten Patienten mussten bei persistierender Instabilität einer nachfolgenden Operation zugeführt werden.

Courvoisier und Mitarb. (Courvoisier 2010) untersuchten 38 Kinder und Jugendliche, welche mit einer VKB-Plastik bei offenen Wachstumsfugen und transphysärer 4-fach Semitendinosusgrazilissehnenrekonstruktion versorgt wurden. Nach Wachstumsabschluss erreichten 28 einen IKDC score A (74%), 4 B (11%) und 5 D (13%). Es fanden sich keine Wachstumsstörungen. Fünf Patienten mussten reoperiert werden (3 wegen einer traumatischen Ruptur und 2 wegen einer verbleibenden Instabilität). Ähnlich gute klinische und röntgenologische Ergebnisse mit der trans-

epiphysären 4-fach Semitendinosus-technik wurden von Cohen et al., Liddle und McIntosh vorgestellt (Cohen 2009; Liddle 2008; McIntosh 2006). Auch bei Marx u. Mitarb. fanden sich bei 55 Patienten zwischen 8 und 16 Jahren gute klinische Ergebnisse (IKDC A und B bei 90,7% der Patienten). Die Laxitätswerte konnten von präoperativ 5,8 mm auf 1,0 mm (0–4 mm) verbessert werden. Die traumatische Rupturrate lag bei 5,5% und in 2 Fällen konnte eine Partialruptur des Transplantats arthroskopisch gesichert werden. Wachstumsstörungen wurden keine festgestellt.

Komplikationen nach VKB-Plastik bei Kindern

Neben den allgemeinen Operationsrisiken bestehen die Hauptkomplikationen nach VKB-Plastiken bei Kindern in postoperativen Wachstumsstörungen. Chotel (Chotel 2010) unterteilte sie vor kurzem in 3 verschiedene Kategorien: A) einem definitiven Wachstumsstillstand („*Arrest*“); B) einer Wachstumsstimulierung („*Boost*“) und C) einer Verlangsamung des Wachstums („*deceleration*“) (Abb. 6). Sie verdeutlichen, dass die jungen Patienten postoperativ in regelmäßigen Abständen bis zum Abschluss ihrer Wachstumsphase klinisch und röntgenologisch untersucht werden sollten. Charakteristisch für das Auftreten einer solchen Komplikation sind die röntgenologisch leicht erkennbaren sogenannten Harris-Linien. Liegt die Wachstumsstörung in der Peripherie der Wachstumsfuge, kommt es zu einer Achsabweichung. Durch die zentrale Lage des femoralen Bohrkannals ist dieses am ehesten am distalen Femur zu erwarten. Liegt die Ursache der Wachstumsstörung im Zentrum der Wachstumsfuge, kommt es zu einer symmetrischen Veränderung, am ehesten einer Beinverkür-

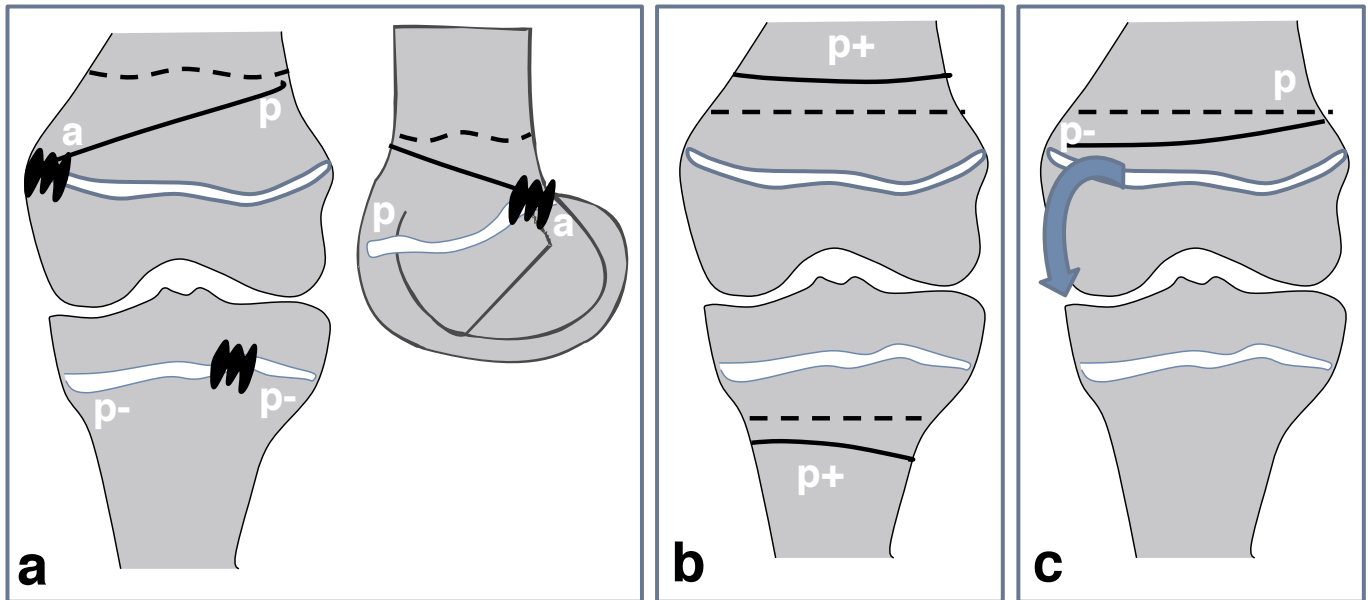


Abbildung 6

Mögliche Komplikationsarten nach VKB-Ersatz bei Kindern (modifiziert nach Chotel et al. 2010). Chotel et al. beschrieben 3 Arten der Wachstumsstörung nach VKB-Ersatzplastik bei Kindern: a) Hier kommt es zu einem kompletten Wachstumsstopp (Typ A: „Arrest“) welcher durch eine über die Wachstumsfuge reichende Knochenbrücke hervorgerufen wird. Der Wachstumsschaden ist irreversibel und entwickelt sich bis zum Abschluss des Längenwachstums. Das Ausmass der Deformität ist proportional zur Lokalisation und Grösse der initialen Fugenläsion. Bei sehr jungen Kindern kann es wegen des hohen Wachstumspotentials und der entsprechend hohen Distraktionskraft zu einer spontanen Auflösung der Knochenbrücke kommen. b) Typ B („Boost“): Eine Wachstumsbeschleunigung (p+) kann sich vermutlich in Folge einer postoperativen Hypervaskularisierung entwickeln. Sie ist häufig nur vorübergehend und entwickelt sich innerhalb der ersten 2 Jahre nach dem Eingriff. c) Typ C („DeCeleration“): Wachstumsretardierung (p-), welche durch einen Tenoepiphysideseffekt (zu hohe Transplantatspannung) hervorgerufen werden kann. (p = physiologischer Wachstumsprozess; gestrichelte Linie = physiologische Wachstumsretardierungslinie; durchgezogene Linie = pathologische Linie welche einen kompletten Wachstumsstopp darstellt.

zung. Erstmals berichtete Chotel kürzlich über die Notwendigkeit eines Zweiteingriffs wegen einer postoperativen Beinverlängerung. Bislang wurden etwa 30 Fälle von Wachstumsstörungen nach VKB-Plastik bei Kindern in der Literatur beschrieben. Eine Umfrage unter den Mitgliedern der „Herodicus Society“ und des „ACL Study Group“ konnte 15 Fälle von Wachstumsschäden nach VKB-Plastik erheben. Diese gliederten sich in 8 Valgusdeformitäten der distalen lateralen Femurepiphyse, 3 sekundäre Rekurvatumfehlstellungen nach Verletzungen der Tuberositasapophyse, 2 Valgusfehlstellungen und 2 Beinverkürzungen auf. Die meisten Fälle waren auf operationstechnische Mängel zurückzuführen, insbesondere auf fugenüber-

brückende Transplantatfixationen mit Knochenblöcken (bei Patellar-sehnentransplantaten) oder Metallimplantaten. Andere Komplikationen traten auf bei zu großen Bohrkanälen, Verletzungen des Ranvierschen Schnürrings am Femur sowie bei gleichzeitig durchgeführten extra-artikulären Tenodesen. Bei letzteren war möglicherweise der auch experimentell nachgewiesene Tenodeseffekt bei zu großer Transplantatspannung für die Wachstumsstörung verantwortlich. Des Weiteren wurden ein aggressives Aufraspeln der femoralen „Over-the-top“-Position sowie die Naht nahe der Tuberositasapophyse als Ursachen angeführt (Kocher 2002). In der bereits erwähnten französischen Multizenterstudie (Chotel

2007) konnten 11 Wachstumsstörungen (12%) mit verschiedenen Operationstechniken beobachtet werden. In einem Fall war eine Korrekturosteotomie in Form einer varisierenden Femurosteotomie notwendig. An der Tibia wurden eine Verkürzung (-13 mm), 2 Varus- und 3 Valgusdeformitäten erhoben, „Slope“-Veränderungen lagen nicht vor. Als Mechanismen wurden der Tenodeseffekt und die Wachstumsstimulation durch Deperiostierung beschrieben. Femoral dagegen fanden sich eine Verlängerung von 11 mm und 4 Valgusdeformitäten, wobei ein femoraler Tunneldurchmesser ≥ 9 mm mit einem femoralen Valgus korrelierte. Es fand sich ebenfalls eine eindeutige positive Korrelation zwischen der Beinlänge und dem benutzten Tunnel-

durchmesser. Mit Ausnahme einer Valgusfehlstellung von 13° waren alle anderen Störungen klinisch nicht relevant. Ihre Auswirkung auf die langfristige Ausbildung einer Sekundärarthrose bleibt offen (Bonnard 2007).

Zur Minimierung des Komplikationsrisikos sind die zu beachtenden Grundregeln bei transepiphysären VKB-Plastiken bei Kindern in Tabelle 1 zusammengefasst.

Diskussion

Bei einer isolierten VKB-Ruptur im Kindesalter sollte zunächst eine funktionelle Behandlung eingeleitet werden. Sie sollte abschwellende Maßnahmen, eine Wiedererlangung der Kniegelenkbeweglichkeit, ein Koordinationstraining und eine Kräftigung der Oberschenkelmuskulatur beinhalten. Wird eine konservative Behandlung eingeleitet, sollte der Patient engmaschig kontrolliert werden. Insbesondere sollten hierbei Instabilitätsprobleme und Subluxationsphänomene erfragt werden, die von den Kindern häufig nicht als problematisch erkannt werden. In einigen Fällen kann mit der Kreuzbandplastik bis zum Ende des Wachstums der unteren Extremität abgewartet werden.

Als hilfreich hat sich in unserer Praxis die in Abb. 2 gezeigte Grafik der Wachstumsgeschwindigkeit der kniegelenknahen Fugen in Abhängigkeit vom Skeletalter ergeben. In der Phase der abnehmenden Wachstumsgeschwindigkeit kann der Operation in manchen Fällen eine mehrmonatige abwartende Haltung vorgezogen werden. Aufgrund der sehr hohen Rate an sekundären Meniskusläsionen ist ein operatives Vorgehen häufig aber bereits früher indiziert. Spätestens nach dem Auftreten einer sekundären Meniskusläsion ist die operative Stabilisierung dringend zu

empfehlen. Wegen der möglichen Wachstumsstörungen müssen der Eingriff, die postoperative Nachbehandlung und die regelmäßigen Kontrollen bis zum Wachstumsabschluss eingehend mit der Familie besprochen werden. Bei mangelnder Bereitschaft hierzu ist eine abwartende Haltung empfehlenswert.

Im Einzelfall gilt es immer die Vor- und Nachteile des konservativen und operativen Vorgehens abzuwägen. Entscheidet man sich zu Letzterem, sollte eine intraartikuläre VKB-Plastik durchgeführt werden. Die früher empfohlenen extraartikulären Bandplastiken sind nicht ausreichend (Wilmes 2009). Von den vielen intraartikulären Techniken hat sich bislang keine als wesentlich vorteilhaft erwiesen (Sasaki 2002). Seit kurzem liegen nun auch größere Fallzahlen präpubertärer Kinder vor, die gezeigt haben, dass der VKB-Ersatz beim Kind bei technisch korrekter Durchführung in ausgewählten Zentren zu guten Ergebnissen führt (Bonnard 2007). Fast alle der in der Literatur beschriebenen schwerwiegenden Wachstumsschäden waren auf operationstechnische Probleme zurückzuführen. Wachstumsstörungen, die bei technisch korrekter Durchführung der Operation auftraten, waren gering und klinisch nicht relevant. Regelmäßige postoperative Kontrollen bis zum Wachstumsabschluss sind dennoch systematisch zu empfehlen.

In den letzten 5–10 Jahren wurde zunehmend über VKB-Plastiken bei Kindern berichtet. Operationstechnisch erfreut sich die transepiphysäre 4-fach Semitendinosustechnik weltweit zunehmender Beliebtheit. Ihre Ergebnisse sind gut, Komplikationen treten – unter Berücksichtigung der anatomischen Besonderheiten bei offenen Wachstumsfugen – selten auf und die Rupturrate erscheint gegenüber dem Erwachsenenkollektiv nicht wesentlich erhöht

zu sein. Langfristige Ergebnisse stehen aber noch aus. Inwiefern die Bandplastik bei offenen Wachstumsfugen eine Rückkehr in den Leistungssport ermöglicht oder im Hinblick auf die langfristige berufliche Prognose auch sinnvoll ist konnte noch nicht abschließend geklärt werden.

Literatur

- Aichroth P. The natural history and treatment of ACL ruptures in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* (2002), 84-B: 38–41.
- Andrews M, Noyes FR, Barber-Westin SD. Anterior cruciate ligament allograft reconstruction in the skeletally immature athlete. *Am J Sports Med* (1994), 22(1): 48–54.
- Baxter MP. Assessment of normal pediatric knee ligament laxity using the genucom. *J Pediatr Orthop* (1988), 8(5): 546–550.
- Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I. *Am J Sports Med*. (2005, Oct), 33(10): 1579–602.
- Bonnard C, Chotel F. Les lésions ligamentaires et méniscales du genou de l'enfant et de l'adolescent. *Rev Chir Orthop* (2007), 93: 3S95–3S139.
- Bracq H, Robert H, Bonnard C et al. Anterior cruciate tears in adolescents. *Ann Soc Orthop Angers* (1996), 28: 171–194.
- Chotel F, Bonnard C, Accabled F, Gicquel P, Bergerault F, Robert H, Seil R, Hulet C, Cassard X, Garraud P. Résultats et facteurs pronostiques de la reconstruction du LCA sur genou en croissance. À propos d'une série multicentrique de 102 cas. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. (2007), 93 (Suppl): 3S131–3S138.
- Chotel F, Henry J, Seil R, Chouteau J, Moyen B, Bérard J. Growth disturbances without growth arrest after ACL reconstruction in children. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. (2010, Nov), 18(11): 1496–1500. Epub 2010 Feb 25.
- Cohen M, Ferretti M, Quarteiro M, Marcondes FB, de Hollanda JP, Amaro JT, Abdalla RJ. Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in patients with open physes. *Arthroscopy*. (2009, Aug), 25(8): 831–838.
- Courvoisier A, Grimaldi M, Plaweski S. Good surgical outcome of transphyseal ACL reconstruction in skeletally immature patients using four-strand hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. (2010), Oct 2.

- Engebretsen L, Svenningsen S, Benum P. Poor results of anterior cruciate ligament repair in adolescence. *Acta Orthop Scand* (1988), 59(6): 684–686.
- Gebhard F, Ellermann A, Hoffmann F, Jaeger JH, Friederich NF. Multicenter-study of operative treatment of intraligamentous tears of the anterior cruciate ligament in children and adolescents: comparison of four different techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* (2006, Sep), 14(9): 797–803.
- Gicquel P, Giacomelli MC, Karger C, Clavert JM. Développement embryonnaire et croissance normale du genou. *Rev Chir Orthop* (2007), 93: 35100–35102.
- Gustavsson A, Neeter C, Thomeé P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* (2006, Aug), 14(8): 778–788. Epub 2006 Mar 9.
- Henry J, Chotel F, Chouteau J, Fessy MH, Berard J, Moyon B. Rupture of the anterior cruciate ligament in children: early reconstruction with open physes or delayed reconstruction to skeletal maturity? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (2009), 17: 748–755.
- Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Slaughterbeck JK. Preparticipation Physical Examination Using a Box Drop Vertical Jump Test in Young Athletes. The Effects of Puberty and Sex. *Clin J Sport Med* (2006), 16 (4): 298–304.
- Janarv PM. ACL injuries in children. Thesis. Karolinska Institute, Stockholm, Sweden, 2000.
- Kannus P, Järvinen M. Knee ligament injuries in adolescents. Eight year follow-up of conservative management. *J Bone Joint Surg (Br)* (1988), 70(5): 772–776.
- Kellenberger R, Von Laer L. Nonosseous lesions of the ACL in children and adolescents. *Prog Pediatr Surg* (1990), 25: 123–131.
- Kocher MS, DiCanzio J, Zurawski D, Micheli LJ. Diagnostic performance of clinical examination and selective magnetic resonance imaging in the evaluation of intraarticular knee disorders in children and adolescents. *Am J Sports Med* (2001), 29(3): 292–296.
- Kocher MS, Micheli LJ, Gerbino P, Hresko MT. Tibial eminence fractures in children: prevalence of meniscal entrapment. *Am J Sports Med.* (2003, May–Jun), 31(3): 404–407.
- Kocher MS, Saxon HS, Hovis WD, Hawkins RJ. Management and complications of ACL injuries in skeletally immature patients: survey of the Herodicus Society and the ACL Study Group. *J Pediatr Orthop* (2002), 22: 452–457.
- Lawrence JTR, Agrawal N, Ganley TJ. Anterior Cruciate Ligament Rupture in Patients with significant Growth Remaining: What is the risk to the Meniscus and Cartilage When Treatment is Delayed? Annual meeting of the American Orthopaedic Society for Sports Medicine, Keystone, Colorado (2009).
- Liddle AD, Imbuldeniya AM, Hunt DM. Transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in prepubescent children. *J Bone Joint Surg Br.* (2008, Oct), 90(10): 1317–1322.
- Lipscomb AB, Anderson AF. Tears of the anterior cruciate ligament in adolescents. *J Bone Joint Surg (Am)* (1986). 68(1): 19–28.
- Luhmann SJ. Acute traumatic knee effusions in children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* (2003, Mar–Apr), 23(2): 199–202.
- McIntosh AL, Dahm DL, Stuart MJ. Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature patient. *Arthroscopy.* (2006, Dec), 22(12): 1325–1330.
- Meyers MH, McKeever FM. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. *J Bone Joint Surg –A* (1970), 52: 1677–1683.
- Millett PJ, Willis AA, Warren RF. Associated Injuries in Pediatric and Adolescent Anterior Cruciate Ligament Tears: Does a Delay in Treatment Increase the Risk of Meniscal Tear? *Arthroscopy* (2002), 18(9): 955–959.
- Mizuta H, Kubota K, Shiraiishi 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(6): 890–894.
- Mohtadi N, Grant J. Managing anterior cruciate ligament deficiency in the skeletally immature individual: a systematic review of the literature. *Clin J Sport Med* (2006), 16(6): 457–464.
- 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(3): 214–223.
- Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. Individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee classified as noncopers may be candidates for nonsurgical rehabilitation. *J Orthop Sports Phys Ther* (2008), 38(10): 586–595.
- Neeter C, Gustavsson A, Thomeé P, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. Development of a strength test battery for evaluating leg muscle power after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* (2006, Jun), 14(6): 571–580. Epub 2006 Feb 14.
- Risberg MA, Ekland A. Assessment of functional tests after anterior cruciate ligament surgery. *J Orthop Sports Phys Ther* (1994), 19: 212–217.
- Sasaki T, Ishibashi Y, Okamura Y et al. MRI evaluation of growth plate closure rate and pattern in the normal knee joint. *J Knee Surg* (2002), 15(2): 72–76.
- Seil R, Kohn D. Les ruptures du ligament croisé antérieur chez l'enfant. *Bull Soc Sci Med Grand Duche Luxemb* (2000), (1): 39–5327.
- Seil R, Pape D, Kohn D. The risk of growth changes during transphyseal drilling in sheep with open physes. *Arthroscopy* (2008), 24(7): 824–833.
- Seil R, Robert H. Les ruptures complètes du ligament croisé antérieur chez l'enfant. *Rev Chir Orthop* (2004), 90 (suppl 8): 3511–3520.
- Senekovic V, Veselko M. Anterograde arthroscopic fixation of avulsion fractures of the tibial eminence with a cannulated screw: five-year results. *Arthroscopy.* (2003, Jan), 19(1): 54–61.
- Stadelmaier DM, Arnoczky SP, Dodds J, Ross H. The effect of drilling and soft tissue grafting across open growth plates. *Am J Sports Med* (1995), 23(4): 431–435.
- Streich NA, Barie A, Gotterbarm T, Keil M, Schmitt H. Transphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in prepubescent athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* (2010), 18(11): 1481–1486.
- Ulmer M, Mehling AP, Jäger A. Kindliche vordere Kreuzbandruptur. *Arthroskopie* (2008), 21: 279–282.
- Vander Have KL, Ganley TJ, Kocher MS, Price CT, Herrera-Soto JA. Arthrofibrosis after surgical fixation of tibial eminence fractures in children and adolescents. *Am J Sports Med.* (2010, Feb), 38(2): 298–301. Epub 2009 Dec 23.
- Vaquero J, Vidal C, Cubillo A. Intra-articular traumatic disorders of the knee in children and adolescents. *Clin Orthop Relat Res* (2005), 432: 97–106.
- Williams JS Jr, Abate JA, Fadale PD et al. Meniscal and nonosseous ACL injuries in children and adolescents. *Am J Knee Surg* (1996), 9: 22–26.
- Wilmes P, Lorbach O, Chotel F, Seil R. Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes bei offenen Wachstumsfugen. *Arthroskopie* (2009), 22: 35–44.
- Woods GW, O'Connor DP. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *Am J Sports Med* (2004), 32(1): 201–210.