

Vordere Kreuzbandverletzungen

Bewährte und neue Therapien

Die meisten Patienten benötigen eine gelenkstabilisierende Operation, um das gleiche Aktivitätsniveau wie vor der Verletzung zu erreichen. Die Indikation sollte jedoch individuell gestellt werden.

Kreuzbandverletzungen entstehen meist, wenn das Knie in die X-Bein-Stellung gerät: das Knie sich nach innen dreht, während der Schwerpunkt des Körpers hinter den Knien liegt und die Beine ungleichmäßig belastet werden. Das passiert meist, wenn man nach einem Sprung landet, abrupt die Laufrichtung ändert, plötzlich stoppt oder sich dreht. Vordere Kreuzbandverletzungen sind mit einer Inzidenz von 1:3 500 Einwohnern eine der häufigsten Verletzungen des Kniegelenks, die schwerwiegende Folgen für seine Funktionalität haben können.

Differenzierung zwischen Teil- und vollständiger Ruptur

Die Diagnostik der VKB-Ruptur stellt bei frisch verletzten Patienten eine Herausforderung für den Untersucher dar. Da insbesondere der funktionelle Status beurteilt werden muss, hat die klinische Untersuchung Priorität. Eine MRT-Untersuchung zeigt eine Kreuzbandverletzung zwar an, die Differenzierung zwischen Teil- und vollständiger Ruptur ist jedoch häufig schwer.

Die wichtigsten Tests sind der Lachman-Test (anteriore tibiale Translation in 20° Flexionsstellung), der auch beim frisch verletzten Patienten sicher durchgeführt werden kann, und der Pivot-Shift-Test (Subluxation des Tibiakopfs im dynamischen Test zur Analyse der Rotationsinstabilität), der häufig nur beim narkotisierten Patienten möglich ist. Beide Tests sollten unbedingt graduiert werden:

- Lachman: +, ++, +++ (mit oder ohne festen Anschlag);
- Pivot-shift: +, ++, +++.

Die Stärke des MRTs liegt in der Analyse der Begleitverletzungen (Menisken, Kapsel-Seitenband-Komplex, Knorpel etc.) und der Be-

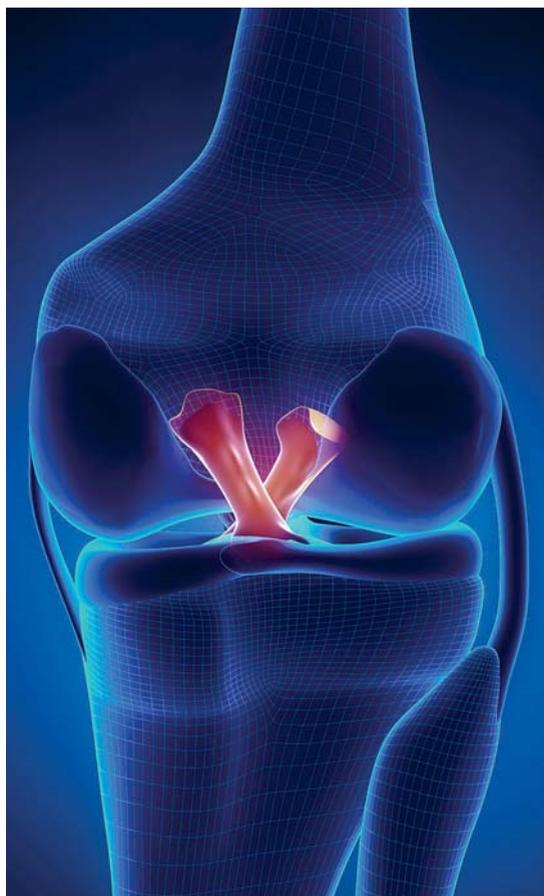


Foto: jannlee/Stock

verbleibende Instabilität kompensiert, hängt von der Erwartung und Aktivität des Patienten ab.

Patienten unter konservativer Behandlung sollten engmaschig kontrolliert werden, um bei Therapieversagen rechtzeitig auf eine operative Stabilisierung zu schwenken – was häufig vorkommt (3). Bei Patienten mit hohem Leistungsanspruch im Privatleben, Berufsleben oder Sport kann ein konservativer Therapieversuch erfolgen, sie werden aber selten eine nachhaltige und für sie zufriedenstellende Stabilität erhalten.

Bei guter Ausheilung und/oder Kompensierung der Instabilität sind die Ergebnisse der konservativen Therapie gut. Eine Rückkehr zur sportlichen Aktivität bei verbliebener Instabilität ist in der Regel deutlich eingeschränkt und bringt das hohe Risiko einer erneuten Verletzung des betroffenen Kniegelenks mit sich.

Kreuzbandersatz mit körpereigenem Material

Die Indikation zum VKB-Ersatz hängt vom subjektiven Instabilitätsgefühl mit „giving ways“ ab, also dem Kontrollverlust über das eigene Knie. Wichtig ist die Korrelation des klinisch objektiven Untersuchungsbefunds mit dem Bildbefund (MRT). Auch sportlicher Anspruch, Lebensalter und intraartikuläre Begleitverletzungen beeinflussen die Indikationsstellung zur Operation.

Viele Meniskusrisse oder (osteo)chondrale Begleitverletzungen erfordern ein operatives Vorgehen in der Akutsituation. Der simultane Kreuzbandersatz wird in dieser Situation zunehmend empfohlen, da Begleitverletzungen in einem stabilisierten Knie signifikant besser heilen als bei persistierender Instabilität. Entgegen früherer Lehrmei-

stätigung der klinischen Verdachtsdiagnose.

Konservative Therapie nur bei stabilen Teilrupturen: Eine VKB-Ruptur kann konservativ behandelt werden (1), benötigt aber ein interdisziplinäres medizinisches Setting. Da das vordere im Vergleich zum hinteren Kreuzband eine deutlich reduzierte Selbstheilungstendenz hat, muss die Indikation zur konservativen Therapie unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien gestellt werden: Während geringe Teilrupturen des VKB mit suffizienter Stabilität verheilen können, erreichen hochgradige Teil- oder Komplett-rupturen selten eine ausreichende Stabilität (2). Ob der Patient die

nung geht eine Operation in der Akutphase nicht zwingend mit einem höheren Arthrofibrosierisiko einher (4). Dennoch ist der Zustand eines reizfreien Kniegelenks (gute Beweglichkeit, geringe Schwellung) zum Zeitpunkt der Operation wünschenswert.

Der VKB-Ersatz wird in Deutschland vorwiegend mit körpereigenem Sehnenmaterial durchgeführt. Unterschieden werden reine Weichteiltransplantate (Semitendinosussehne mit/ohne Gracilissehne, Quadrizepssehne) von Sehnenmaterial mit anhängendem Knochenblock (Patellarsehnen-, Quadrizepsstreifen).

Nach Bestätigung der Diagnose (siehe *Abbildung 1*) und Sehnenentnahme erfolgt die arthroskopische Anlage von Femur- und Tibia-Bohrkanälen zur Transplantatverankerung. Unterschieden wird die transtibiale Anlage des femoralen Bohrkanals von der zunehmend präferierten Anlage über das anteromediale Arthroskopieportal. Der Vorteil der medialen Portaltechnik liegt in der besseren und unabhängigen Erreichbarkeit des femoralen VKB-Ursprungs (verbesserte Rotationsstabilität im Vergleich zur transtibialen OP-Technik [5]). Der theoretische Nutzen dieser Technik ist allerdings noch nicht im Langzeit-Follow-up belegt worden.

Es folgt der Transplantateinzug (siehe *Abbildung 2*) und die femorale sowie tibiale Transplantatfixierung – gelenknah (Interferenzschrauben) oder gelenkfern (extrakortikal) (siehe *Abbildung 3*).

Die Kenntnis über die biomechanischen Aspekte der Zwei-Bündel-Struktur des vorderen Kreuzbands führte zur Rekonstruktion mit getrenntem Ersatz des anteromedialen und posterolateralen VKB-Bündels. Nach aktueller Studienlage bringt diese technische Neuerung jedoch keinen klinischen Vorteil und wird nur in ausgesuchten Fällen angewendet (6).

Kreuzbänderhaltende Operationstechniken

Ergebnisse älterer Studien zum Erhalt des VKB waren nicht überzeugend. Dennoch ist die Thematik



Fotos: Dr. Rauch, Dr. Schoepp, Prof. Herbert, PD Dr. Kaulsch

nun wieder in den Fokus des wissenschaftlichen Interesses gerückt. Der aktuellen Literatur zufolge hat sich eine strikte Patientenselektion als wesentlich für den Erfolg des Kreuzbänderhalts erwiesen. Hierbei scheinen die Rupturlokalisation und die Gewebequalität neben einem frühzeitigen Versorgungstermin (innerhalb von 3 Wochen) entscheidend zu sein. Proximale Kreuzbandrupturen weisen im Vergleich zu anderen Rupturtypen ein hohes Heilungspotenzial auf.

Insbesondere die Etablierung des Ligamys®-Systems hat zur Renaissance VKB-erhaltender Eingriffe geführt. Daneben wurden auch andere minimalinvasive Techniken mit Ankerrefixation oder nicht dynamischer Augmentation mittels FiberTape® entwickelt. Derzeit weist jedoch nur die Ligamys-Technik eine umfangreiche Studienlage mit mittelfristigem Verlauf von 2–5 Jahren auf (7).

In diesem Beobachtungszeitraum wurden in allen Studien vergleichbare Score-Ergebnisse im Vergleich zur Rekonstruktion beschrieben – allerdings mit signifikant erhöhten Rerupturraten. Nach einer Subgruppenanalyse betrifft dies hauptsächlich junge, hochaktive Patienten, sodass die Autoren das Ligamys-System vor allem für ältere Patienten (> 30 Jahre) mit geringerer Aktivität (Tegner ≤ 6) empfehlen. Weiterhin scheint eine proximale Ruptur mit gering destruiertem tibialen VKB-Stumpf ein positiv prädiktiver Faktor zu sein. Die Operation sollte innerhalb von 3 Wochen erfolgen, was für alle VKB-erhaltenden Operationsmethoden gilt.

Abbildung 1 (links): Frische VKB-Ruptur im arthroskopischen Bild
Abbildung 2 (rechts): Eingezogenes VKB-Transplantat

Auch bei der Ersatzplastik sollte versucht werden, möglichst viele Fasern des rupturierten Bands zu erhalten: Bei Komplettreißer kann der Reststumpf tibialseitig belassen werden (Remnant-Erhalt), bei Erhalt eines Teilbündels nur das rupturierte Bündel ersetzt werden (Augmentationstechnik). Auf diese Weise sollen Nozizeptoren und Propriozeption geschont werden und somit die postoperative Rehabilitation verbessern; evidente Daten hierzu fehlen noch.

Kreuzbandverletzungen im Wachstumsalter

Bei Kindern werden ligamentäre VKB-Verletzungen von knöchernen tibialen Bandausrissen unterschieden. Letztere werden bei Dislokation des Fragments mit Schrauben oder Ausziehnähten refixiert. Bandrupturen wurden dagegen lange Jahre aus Angst vor Fehlwachstum (Wachstumsfugenverletzungen durch die Bohrkanalanlage) bis zum Fugenschluss konservativ behandelt. Hieraus resultierten jedoch schlechte Ergebnisse mit schweren Arthrosen schon im jungen Lebensalter (8, 9). Prognosebestimmend sind die sekundären Meniskus- und Knorpelschäden auf dem Boden einer chronischen Instabilität.

Die Entwicklung „fugenschonender“ OP-Techniken hatte extranatomische Bohrkanalplatzierungen zur Folge – mit schlechten Resultaten. Mittlerweile gilt daher die fugenkreuzende OP-Technik mit extrakortikaler Sehnenfixierung und Verwendung von reinen Weichteiltransplantaten (keine Knochenblöcke!) als Goldstandard. Das Risiko einer iatrogenen Wachstumsfugen-

verletzung ist dabei gering (10). Dennoch müssen die Kinder bis zum Abschluss des Längenwachstums unter regelmäßiger Kontrolle stehen.

Komplikationen nach Ersatzplastik

Die postoperative Gelenkinfektion nach VKB-Plastik tritt mit einer Inzidenz von bis zu 0,8 % auf, häufig innerhalb der ersten 3 Wochen. Entscheidend für den Transplantatserhalt ist schon bei Verdacht die sofortige (je nach Verlauf mehrfache) arthroskopische Gelenkrevision und eine systemische resistenzgerechte Antibiose.

Ist die Infektion nicht beherrschbar (Gächter 4), besteht die Indikation zur offenen Synovektomie und Resektion der Bandplastik (11). Sekundäre Re-VKB-Plastiken sind frühestens nach 6–12 Monaten bei guter Beweglichkeit und reizlosem Gelenk möglich.

Eine weitere Komplikation ist die postoperative Bewegungseinschränkung (12). Ein Streckdefizit kann infolge eines Zyklopsyndroms (fibroelastisches Gewebe vor der VKB-Plastik) auftreten und arthroskopisch mittels Resektion behandelt werden.

Schwieriger zu behandeln ist die primär generalisierte und sekundäre (nach Infektion) Arthrofibrose infolge inflammatorischer Umbauprozesse mit häufig kombiniertem Streck- und Beugedefizit. Diese kann arthroskopisch per Arthrolyse und Narkosemobilisation therapiert werden. In Einzelfällen gibt es sehr schwere und lange Verläufe, die mehrfache operative Revisionen, zum Teil auch mit offenen dorsalen Kapsulotomien, nach sich ziehen.

Die Ursache ist bis heute nicht abschließend geklärt. Trotz multimodaler Behandlungsansätze (Operation, Physiotherapie, Schmerzmedizinische Behandlung etc.) verbleiben häufig Bewegungseinschränkungen. Die verfrüht auftretende Gonarthrose liegt bei 75 %.

Versagensursachen nach Kreuzbandersatz: Traumatische Rerupturen und kontralaterale VKB-Verletzungen treten etwa gleich häufig auf (VKB-Reruptur insgesamt



Abbildung 3: Femorale und tibiale Transplantatfixierung kann gelenknah (Interferenzschraube tibial) oder gelenkfern extrakortikal (femoral und tibial) erfolgen.

11,9 %, ipsilaterale Reruptur 6,2 % im 10-Jahres-Follow-up (13). Ein hohes Aktivitätslevel und junges Patientenalter zum Operationszeitpunkt sind hierbei die größten Risikofaktoren (14). Rerupturen werden von einem chronischen Transplantatversagen unterschieden. Letzteres ist häufiger als echte Rerupturen (13) und beruht auf operationstechnischen Faktoren (Bohrkanalplatzierung, Transplantatfixierung) oder übersehenen Begleitverletzungen (z. B. anterolateral, posteromedial, Meniskuswurzelverletzungen).

Auch eine gestörte biologische Einheilung des Sehnentransplantats, zum Beispiel im Zuge einer Low-grade-Infektsituation, kann ursächlich für ein Transplantatversagen sein. Unabhängig von der Operation führt eine unzureichende Rehabilitation und insbesondere eine zu frühe Rückkehr zum Sport zu erhöhten Rerupturraten beziehungsweise zu einem chronischen Transplantatversagen (15).

Kreuzbandrevisionen und begleitende Korrekturen: Rerupturen und chronisches Transplantatversagen führen klinisch meist zur Rezidivinstabilität. Die OP-Indikation wird daher analog zum Primärerersatz gestellt. Für die OP-Planung ist eine exakte CT-Analyse der bestehenden Bohrkanäle (Lage, Grö-

ße) essenziell (siehe Abbildung 4). Davon hängt ab, ob eine einzeitige Revision möglich ist, oder ob vorher eine Auffüllung der Bohrkanäle mit Spongiosa (autogen, allogene) notwendig ist.

Nach einer Spongiosaplastik sollte mindestens 3 Monate bis zum Revisions-VKB-Ersatz gewartet werden, damit die Knochendefekte konsolidieren können. Eventuell können günstig liegende Knochendefekte durch die Verwendung von Patellar- oder Quadrizepssehne mit anhängenden Knochenblöcken aufgefüllt werden. Die Analyse begleitender (sekundärer) Knorpel- und Meniskussschäden spielt ebenso eine wichtige Rolle für die OP-Planung wie die Darstellung der Beinachsenverhältnisse.

Unter Umständen ist eine begleitende Achskorrektur (Umstellungsosteotomie) sinnvoll. Der Stellenwert additiver extraartikulärer Stabilisierungen kann noch nicht abschließend beurteilt werden, scheint aber bei hochgradigen Instabilitäten (Grad-III-Pivot-shift) vorteilhaft (9).

Die technische Durchführung des Revisions-VKB-Ersatzes orientiert sich am Vorgehen beim Primärerersatz, wobei die Beherrschung alternativer Sehnentransplantate und Fixationstechniken zwingende Voraussetzung ist. Die funktionellen Resultate nach Revisions-VKB-Plastik sind schlechter als nach Primärerersatz (16).

Nachbehandlung nach Kreuzbandersatz

Neben einer guten Stabilität im verletzten Kniegelenk ist eine adäquate Rehabilitation eine Schlüsselaufgabe, um die volle Funktion nach VKB-Ersatzplastik zu erreichen. Herstellung der Beweglichkeit, Propriozeption, Muskelkraft und Reintegration des Kniegelenks in komplexe Bewegungsabläufe sind das Hauptziel der Nachbehandlung (17). Gerade in der Frühphase der Rehabilitation steht die Berücksichtigung der Heilungsphasen des Transplantats und die Erholung des Kniegelenks von Trauma und Operation im Vordergrund. Der Belastungsaufbau und die Freigabe der Beweglichkeit kann bei einer VKB-

Plastik postoperativ abhängig vom Reizzustand des Kniegelenks, dem verwendeten Transplantat und von Begleitverletzungen an anderen Strukturen erfolgen.

Die Verwendung einer Orthese ist nicht obligat, kann das Knie aber in der Frühphase vor unvorhersehbaren Stürzen oder Überbelastung schützen. Zusätzlich bietet eine Orthese eine Protektion bei mangelnder Compliance des Patienten. Gerade der Übergang vom normalen Gehen im Alltag zur sportlichen Aktivität zeigt in verschiedenen Sportarten und Spielklassen unterschiedliche Ergebnisse und die größten Variationen. Eine Rückkehr zum Wettkampfsport nach circa 6 Monaten ist nicht ratsam. Die Wettkampffähigkeit ist auch bei Profis meist erst nach 9 Monaten möglich, im Amateursport eher nach 12 Monaten.

Intensität und die Qualität der Rehabilitation sowie die Handwerkskunst der Physiotherapie und Sportwissenschaft spielen für unterschiedliche „Return to sports“-Zeiten eine wichtige Rolle. Die Entscheidung über die Fähigkeit eines Sportlers zur Wiedereingliederung in sportliche Aktivitäten werden heutzutage durch spezifische Testungen unterstützt, die Aussagen über Kriterien wie Athletik, Agilität, Neuromotorik oder Sprung- und Standbeinstabilität bieten können (15).

Prognose nach Ruptur und vorderer Kreuzbandplastik

Der protektive Effekt der vorderen Kreuzbandplastik auf die Rate sekundärer Meniskus- und Knorpelschäden konnte in kürzlich erschienenen Literaturübersichten von Petersen et al. (18) und Krause et al. (19) gezeigt werden. Dennoch kann auch die VKB-Plastik die Entstehung der Gonarthrose nicht in allen Fällen verhindern.

Die Studienergebnisse dazu sind allerdings sehr heterogen (unterschiedliche Transplantatwahl, differente Transplantatfixierung etc.), und in die Langzeit-Follow-up-Studien fließen neuere biomechanische Erkenntnisse noch nicht ein, die das chirurgische Vorgehen in den letzten Jahren verändert haben (anato-

mische Bohrkanalplatzierung, Mitbehandlung anterolateraler oder posteromedialer Begleitinstabilitäten etc.).

Für Aufsehen sorgte eine prospektiv randomisierte Studie (3), in der die konservative und operative Behandlung nach VKB-Ruptur verglichen wurden. Vordergründig wurde kein Gruppenunterschied nach 24 und 60 Monaten gesehen. Bei genauer Betrachtung fällt aber auf, dass sich innerhalb von 2 Jahren 23 von primär 59 konservativ therapierten Patienten (39 %) wegen symptomatischer Instabilität mit einer VKB-Ersatzplastik behandeln ließen.

Bei diesen 23 sekundär operierten Fällen wiesen knapp 50 % intraoperativ einen zwischenzeitlich entstandenen Meniskusriss auf, der initial in der nach dem Unfall

ziale auf. Weitere RCT-Studien mit modernem Design sollten nach unserer Auffassung aufgelegt werden.

Fazit

- VKB-Komplett rupturen führen häufig zu einer dauerhaften Instabilität. Die meisten Patienten benötigen daher eine gelenk stabilisierende Operation, um das gleiche Aktivitätsniveau wie vor der Verletzung zu erreichen, wobei die Indikation individuell gestellt werden sollte.
- Bei fehlender muskulärer Kompensation drohen ansonsten Sekundärschäden am Meniskus und Gelenkknorpel.
- Aus diesem Grund wird die Indikation zur stabilisierenden OP auch bei Kindern und Jugendlichen gestellt.
- Trotz etablierter chirurgischer Techniken kann die Arthroseentwicklung nicht in allen Fällen verhindert werden.
- Das Ergebnis nach Kreuzbandersatzplastik hängt von einer stadiengerechten Nachbehandlung ab.
- Die Entscheidung über den richtigen Zeitpunkt für eine Rückkehr zum Sport sollte anhand standardisierter objektiver Testungen getroffen werden.



Abbildung 4: Dreidimensionale Rekonstruktion der Bohrkanallage vor geplanter Revisionsoperation. Nachweis einer „High-noon“-Platzierung des femoralen Tunnels.

durchgeführten MRT nicht sichtbar war. Die Meniskusrissentstehung muss in diesen Fällen als Folge der unbehandelten Instabilität verstanden werden. Dieser kausale Zusammenhang wiegt umso schwerer, als der Erhalt des Meniskus ein wesentlicher prognostischer Faktor bei der Gonarthroseentwicklung ist.

Nach dem Review von Krause et al. (19) ist die Studienqualität der Vergleichsstudien operative versus konservative Therapie von VKB-Rupturen sehr niedrig, nur 2 RCT seien überhaupt vorhanden, beide weisen aber hohe Verzerrungspoten-

Dr. med. Gerd Rauch
Orthopädisch-chirurgische Gemeinschaftspraxis
und Praxisklinik Kassel

Dr. med. Christian Schoepp
Abteilung Arthroskopische Chirurgie,
Sporttraumatologie und Sportmedizin,
BG Klinikum Duisburg

Prof. Dr. med. Mirco Herbert
OCM Klinik München

Priv.-Doz. Dr. med. Werner Krusch
Abteilung Sporttraumatologie,
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie,
Universitätsklinikum Regensburg

Interessenkonflikt: Prof. Herbert erhielt Vortrag- und Beraterhonorare sowie Reisekostenerstattungen von den Firmen Commed Linvatec, Medacta und Mathys. PD Dr. Krusch erhielt Gelder für Forschung und klinische Studien von der Verwaltungsverbandsberufsgenossenschaft VBG. Dr. Rauch und Dr. Schoepp erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Artikel unterliegt nicht dem Peer-Review-Verfahren

Literatur im Internet:
www.aerzteblatt.de/lit1319
oder über QR-Code.



Zusatzmaterial Heft 13/2019, zu:

Vordere Kreuzbandverletzungen

Bewährte und neue Therapien

Die meisten Patienten benötigen eine gelenkstabilisierende Operation, um das gleiche Aktivitätsniveau wie vor der Verletzung zu erreichen. Die Indikation sollte jedoch individuell gestellt werden.

Literatur

1. Monk AP, Davies LJ, Hopewell S, Harris K, Beard DJ, Price AJ: Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016 Apr 3; 4: CD011166.
2. Rauch G, Wirth T, Griss P: Ist die konservative Behandlung der partiellen oder kompletten vorderen Kreuzbandruptur noch gerechtfertigt? *Z Orthop* 1991; 129: 438–46.
3. Frobell RB, Roos EM, Roos HP, Ranstam J, Lohmander LS: A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *N Engl J Med* 2010; 363 (4): 331–42.
4. Kwok CS, Harrison T, Servant C: The Optimal Timing for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Respect to the Risk of Postoperative Stiffness. *Arthroscopy* 2013; 29 (3): 556–65.
5. Herbolt M, et al.: ACL mismatch reconstructions: influence of different tunnel placement strategies in single-bundle ACL reconstructions on the knee kinematics. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 2010; 18 (11): 1551–8.
6. Mascarenhas R, Cvetanovich GL, Sayegh ET, et al.: Does Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Improve Postoperative Knee Stability Compared With Single-Bundle Techniques? A Systematic Review of Overlapping Meta-Analysis. *Arthroscopy* 2015; 31: 1–12.
7. Henle P, et al.: Dynamic Intraligamentary Stabilization (DIS) for Treatment of Acute Anterior Cruciate Ligament Ruptures: Case Series Experience of the First Three Years. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2015; 16 (1): 1618.
8. Ramski DE, Kanj WW, Franklin CC, Baldwin KD, Ganley TJ: Anterior Cruciate Ligament Tears in Children and Adolescents: A Meta-analysis of Nonoperative Versus Operative Treatment. *Am J Sports Med* 2014; 42: 2769–76.
9. Schoepp C: Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Was ist gesichert ? *Trauma Berufskrankheit* 2016; 18: 33–8.
10. Frosch KH, Stengel D, Brodhun T, et al.: Outcomes and Risks of Operative Treatment of Rupture of the Anterior Cruciate Ligament in Children and Adolescents. *Arthroscopy* 2010; 26 (11): 1539–50.
11. Mayr HO, Stoehr A: Komplikationen arthroskopischer Eingriffe am Kniegelenk. *Orthopäde* 2016; 45: 4–12.
12. Lobenhofer P, Weber-Spickschen TS: Post-traumatic limitation in range of movement of the knee joint. *Unfallchirurg* 2013; 116 (5): 394–403.
13. Crawford SN, Waterman BR, Lubowitz JH: Long-Term Failure of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 2013; 29 (9): 1566–71.
14. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD: Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction – A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 2016; 44 (7): 2769–76.
15. Herbst E, Hoser C, Hildebrandt C, Raschner C, Hepperger C, Pointner H, Fink C: Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part II: clinical application of a new test battery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015; 23 (5): 1283–91.
16. Webster KE, Hewett TE: Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs. *J Orthop Res* 2018. doi: 10.1002/jor.24043.
17. Melick N, van Cingel RE, Brooijmans F, et al.: Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med* 2016; 50 (24): 1506–15.
18. Petersen W, Scheffler S, Mehl J: Der präventive Effekt der Kreuzband-Plastik im Hinblick auf sekundäre Meniskus- und Knorpelschäden. *Sports Orthop Traumatol* 2018; 34: 93–104.
19. Krause M, Freudenthaler F, Frosch KH, Achtnich A, Petersen W, Akoto R: Operative versus konservative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. Systematisches Review zum Funktionsgewinn beim Erwachsenen. *Dtsch Arztebl Int* 2018; 115 (51–52): 855–62.