



CME

Zertifizierte Fortbildung

Ruptur des vorderen Kreuzbands

Was ist bei der Rekonstruktion zu beachten?

Christian Fink^{1,2} · Andrea Marchetti^{2,3} · Tobias Schwäblein^{2,4} ·
 Mirco Herbort^{2,5}

¹ Gelenkpunkt – Sport und Gelenkchirurgie, Innsbruck, Österreich

² Research Unit für Sportmedizin des Bewegungsapparates und Verletzungsprävention, UMIT, Hall, Österreich

³ Klinik für Orthopädie und Traumatologie, Universitätsklinikum, Triest, Italien

⁴ Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, BG Klinikum Bergmannstrost, Halle (Saale), Deutschland

⁵ OCM Klinik München, München, Deutschland

Zusammenfassung

Die Ruptur des vorderen Kreuzbands (VKB) ist eine häufige Sportverletzung. Nach ihrer Therapie kehren, trotz kontinuierlicher Verbesserung, nicht alle Patienten zu ihren präoperativen Aktivitäten zurück. Individualisierte Behandlungsansätze, basierend auf Transplantatwahl, Rekonstruktionstechnik und biomechanischen Faktoren wie tibialen Slope und Rotationsinstabilitäten, sind entscheidend. Autogene Transplantate weisen unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich Entnahmemorbidität, Einheilungsverhalten und Rupturrisiko auf. Der individuelle Anspruch der Patienten sollte berücksichtigt werden. Operationstechnisch ist die korrekte Tunnelplatzierung anhand anatomischer Landmarken essenziell. Außerdem müssen Begleitinstabilitäten und Meniskusverletzungen adressiert werden. Im Fall einer Ruptur ist die exakte Ursachenanalyse notwendig. Der Behandlungserfolg ist wesentlich durch die präzise Diagnostik und Therapie sowohl des VKB-Risses als auch der verletzten Begleitstrukturen bestimmt.

Schlüsselwörter

Sportverletzungen · Gelenkinstabilität · Slope-Reduktion · Rotation · Begleitverletzungen

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit
 werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
 Tel. 0800 77 80 777
 (kostenfrei in Deutschland)
 E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden
 Sie im CME-Fragebogen am Ende des
 Beitrags.

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags

- wissen Sie, anatomische Besonderheiten bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (VKB) zu berücksichtigen.
- können Sie grundlegende Aspekte bei der Transplantatwahl differenzieren.
- ziehen Sie die richtigen Schlüsse aus der Wichtigkeit peripherer Strukturen und ihrem Einfluss auf die Rotationsstabilität.
- können Sie Indikationen zur Slope-Reduktion benennen.
- können Sie die beschriebenen Modifikationen im eigenen Patientenkollektel anwenden.

Einführung

Die Ruptur des VKB ist eine der häufigsten **Sportverletzungen**, und ihre Häufigkeit nimmt mit einer jährlichen Inzidenz bis zu 68,6/100.000 Personenjahre auf allen Wettkampfebenen zu [1]. Obwohl die VKB-Rekonstruktion zu den häufigsten orthopädischen Eingriffen gehört, kommt es trotz erheblicher Fortschritte bei der chirurgischen Behandlung immer noch bei 5–20% der Patienten nach der Operation zu einer erneuten Instabilität [2].

Während das Hauptaugenmerk häufig auf der Rekonstruktion der anatomischen Strukturen des VKB selbst liegt, ist die Beachtung der umgebenden Strukturen des Knies ebenfalls von entscheidender Bedeutung, um die Operationsergebnisse zu verbessern und die Ausfallraten zu verringern. Dies hat zu VKB-Rekonstruktionen, die auf stärker individuellen und auf quantitativen Parametern der **Rotationslaxität** des Knies basiert, geführt. Ziel ist es, eine möglichst anatomiegerechte Rekonstruktion des gerissenen VKB zu gewährleisten, indem das für den Patienten am besten geeignete Transplantat ausgewählt wird, eine **Bohrkanalanlage** anhand anatomischer Leitstrukturen gewählt wird und sekundäre Faktoren wie die posteriore Neigung des Tibiaplateaus („posteriorer tibialer Slope“), Meniskusstrukturen sowie mediale und laterale Bandstrukturen berücksichtigt werden.

Transplantatwahl

Die Wahl des Transplantats hat sich als modifizierbarer extrinsischer Faktor erwiesen, der die Misserfolgsrate der VKB-Rekonstruktion beeinflussen kann. Bei der modernen VKB-Rekonstruktion ist eine individuelle Auswahl des Transplantats von entscheidender Bedeutung, da kein einziges Transplantat optimal für jeden Patienten geeignet ist. Da alle Transplantatoptionen Vor- und Nachteile haben, muss die Wahl auf die anatomische Situation, das Aktivitätsniveau, das Alter, die Sportart, frühere Operationen, Begleitverletzungen und Achsverhältnisse des jeweiligen Patienten abgestimmt werden.

Die erste Entscheidung muss zwischen **autogenen Transplantaten** und **allogenen Transplantaten** getroffen werden. Letztere weisen jedoch v.a. bei jüngeren und sportlicheren Patienten eine höhere Versager- und Komplikationsrate, sowie höhere Kosten auf. Als autogene Transplantate stehen Hamstring-Sehnen (HS), „bone-patellar tendon-bone“ (BPTB), Quadrizepssehne (QS) mit oder ohne Knochenblock und Peroneus-Longus-Split-Transplantate (PLS) zur Verfügung, wobei der „bone-patellar tendon-bone“ in der Vergangenheit insbesondere bei Hochleistungssportlern als „Goldstandard“ für die VKB-Rekonstruktion galt ([3]; Abb. 1).



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Rupture of the anterior cruciate ligament. What must be born in mind in the reconstruction?

Rupture of the anterior cruciate ligament (ACL) is a common sports injury. Despite continuous improvements over the years, not all patients return to their preoperative activities after treatment of the ACL. Therefore, individualized treatment approaches based on transplant selection, reconstruction technique and biomechanical factors, such as the tibial slope and rotational instability are crucial. Autogenous transplants have different properties in terms of donor site morbidity, healing behavior and risk of rerupture. The individual needs of the patient should therefore be taken into consideration. In terms of the surgical technique, correct tunnel placement based on anatomical landmarks is essential. In addition, concomitant instabilities and meniscus injuries must be addressed. In the event of a rerupture, an exact analysis of the causes is necessary. Ultimately, the success of the treatment depends to a large extent on precise diagnostics and the treatment of both the ACL rupture and any injured accompanying structures.

Keywords

Athletic injuries · Joint instability · Slope reduction · Rotation · Concomitant injuries

Die Nachteile des BPTB bestehen darin, dass es bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen nicht verwendet werden kann, und dass dieses Transplantat aufgrund des vorkommenden vorderen Knieschmerzes bei Personen, die häufig knien müssen, aufgrund der **Entnahmemorbidität** nicht geeignet ist. Die **Quadrizepssehne** erfreut sich zunehmender Beliebtheit und ist eine weitere gute Option für Spitzensportler. Außerdem kann sie ohne den Knochenblock bei Patienten mit offenen Wachstumsfugen eingesetzt

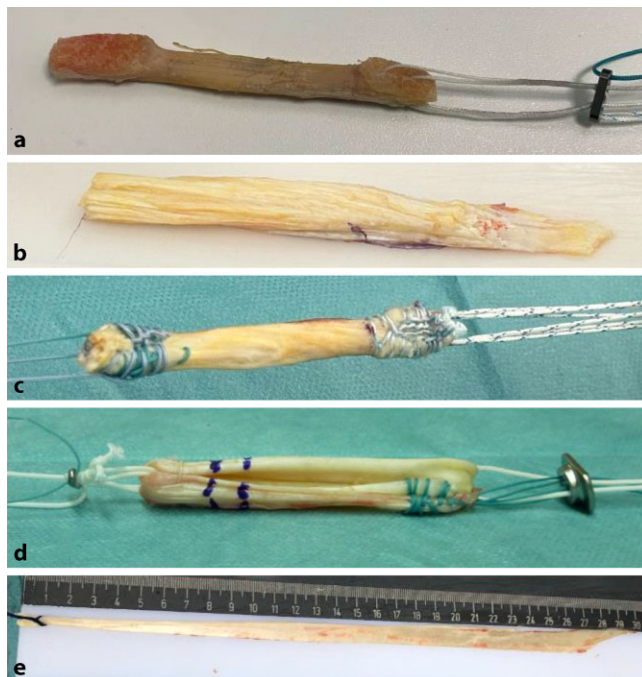


Abb. 1 ▲ Sehnentransplantate zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (VKB). **a** Patellarsehne („bone-patellar tendon-bone“, BPTB), **b** Quadrizepssehne nach Entnahme mit Periostlappen, **c** Quadrizepssehne fertig armiert, **d** Semitendinosussehne, **e** Peroneus-Longus-Sehne

werden. Biomechanisch hat die QS im Vergleich zu den anderen Transplantaten bessere Struktureigenschaften (Bruchlast, Bruchdehnung und Elastizitätsmodul, [4]).

Während die subjektiven und objektiven Outcome Scores der Patienten und die postoperativen Stabilitätswerte bei den unterschiedlichen Transplantaten ähnlich zu sein scheinen [5, 6], konnte in einigen Studien sowohl bei Erwachsenen als auch besonders bei jugendlichen Patienten eine geringere Rerupturrate bei Rekonstruktionen der QS im Vergleich zu den HS-Rekonstruktionen aufgezeigt werden. Aufgrund der **minimalinvasiven Entnahmetechniken** konnte zusätzlich bei QS-Transplantaten eine besonders geringe Entnahmemorbidität festgestellt werden [7].

Darüber hinaus bleibt bei der Verwendung von QS-Transplantaten der HS-Komplex erhalten; dieser fungiert als Synergist zum VKB bei der Begrenzung der anterioren tibialen Translation und als Agonist des Innenbandkomplexes bei der Begrenzung des Valgusmoments [8]. In Revisionsfällen, in denen ein Knochenblock erforderlich ist, kann die QS ebenfalls mit einem Knochenblock entnommen werden.

Bei Patienten mit mäßigen Aktivitätsanforderungen ist die **Hamstring-Sehne** jedoch immer noch eine sehr gute Option.

Chirurgische Anatomie

Die ideale VKB-Rekonstruktion besteht darin, „das VKB in seinen ursprünglichen Dimensionen, seiner einzelnen Faserausrichtung und seiner originären Insertionszone wiederherzustellen“, und erfordert ein tiefes Verständnis der Anatomie und Morphologie des Bandes [9]. Darüber hinaus spielt die genaue Positionierung des Transplantats eine entscheidende Rolle bei der Wiederherstellung der **Stabilität** und **Kinematik** des Kniegelenks und bei der Verhinderung eines Transplantat-Impingement und eines Transplantatversagens [10, 11, 12].

Nach den Ergebnissen mehrerer aktueller Studien scheint das VKB, einschließlich seiner femoralen und tibialen Ansätze, eine flache „bandartige“ Struktur zu sein, bei der keine strukturelle Unterscheidung zwischen den beiden klassischen Bündeln feststellbar ist ([13, 14]; Abb. 2). Das native VKB ist etwa 11–16 mm breit und 2,5–3,4 mm dick, mit einer mittleren Querschnittsfläche von 56,6 mm² und 39,8 mm². Die **femorale Insertion** hat eine dünne „direkte“ Insertion in Kontinuität mit der hinteren Kortikalis und erstreckt sich durch den lateralen interkondylären Kamm. Diese

„direkte“ Insertion befindet sich in der Vertiefung zwischen dem lateralen interkondylären Kamm („resident's ridge“) und 7–10 mm anterior des Gelenkknorpelrands. Darüber hinaus erstrecken sich fächerförmige „**indirekte**“ Fasern in Richtung des hinteren Knorpelrands des Femurkondylus [14]. Der **tibiale Ansatz** bildet eine halbmondförmige C-, J- oder Cc-Form um das Vorderhorn des lateralen Meniskus [15].

Gemäß der biomechanischen Studie von Kawaguchi et al. sollte der **femorale Tunnel** in denen am stärksten belasteten Fasern des VKB platziert werden, was ungefähr der früheren „anteromedialen (AM-)Position“ entspricht. Ein an dieser Stelle platzierter runder Tunnel deckt der biomechanischen Studie folgend etwa 70–80 % der biomechanisch wichtigsten Fasern des VKB ab ([16]; Abb. 3). Alternativ kann ein rechteckiger oder ein Doppeltunnel, der zusätzlich noch mehr der wichtigen VKB-Fasern abdeckt, in diesem Bereich platziert werden [17].

In akuten Fällen kann der VKB-Stumpf eine gute Orientierungshilfe für die Platzierung des **tibialen Tunnels** sein [18]. In chronischen Fällen, in denen die Reste möglicherweise nicht sichtbar sind, werden knöcherne Orientierungspunkte sowie Meniskusansatzstellen für die korrekte Tunnelplatzierung wichtiger. Für den femoralen Ansatz wird der Bereich superior durch eine Linie, die von der posterioren Kortikalis des Femurs nach anterior, postero-inferior durch den posterioren Gelenkrand und anterior durch die „resident's ridge“ verläuft, begrenzt. Als arthroskopische Landmarke für das Schienbein bietet es sich an, den Tunnel medial zwischen der Mittellinie und der hinteren Begrenzung des Vorderhorns des Außenmeniskus zu platzieren (Abb. 4).

Beim Bohren des tibialen Tunnels sollte besonders darauf geachtet werden, dass der **Meniskuswurzelansatz** erhalten bleibt, um eine iatrogene Avulsion der vorderen oder hinteren Außenmeniskuswurzel zu vermeiden [19].

Tibialer Slope

In der veterinärmedizinischen Literatur wurde ein Zusammenhang zwischen dem posterioren tibialen Slope und der VKB-Verletzung festgestellt. Dieser Erkenntnis folgend werden seit den 1980er-Jahren Slope-reduzierende Osteotomien zur Behandlung der anterioren Knielaxität bei Hunden durchgeführt [20]. In Übertragung dieser Konzepte auf menschliche Kniegelenke haben mehrere bio-

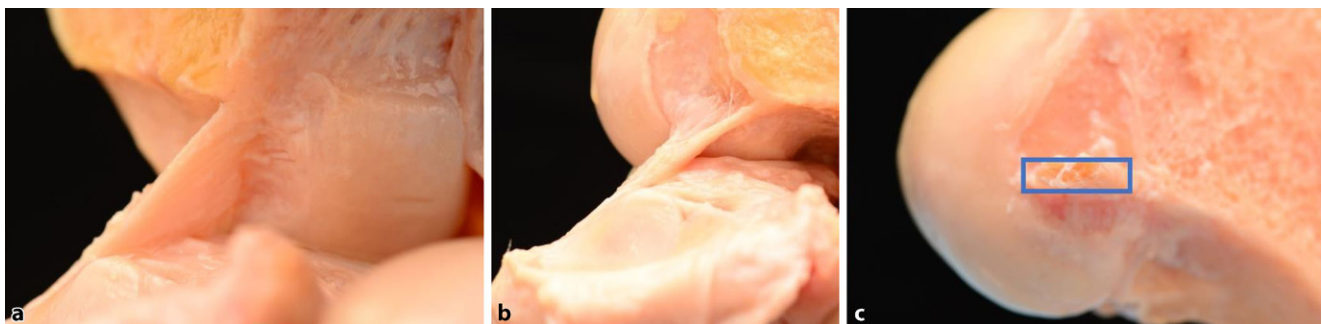


Abb. 2 ▲ Flache „bandartige“ Struktur des vorderen Kreuzbands (VKB) **a** in Extension, **b** in 90° Flexion und korrespondierender rechteckiger femoraler Insertionspunkt (**Rechteck**, **c**)

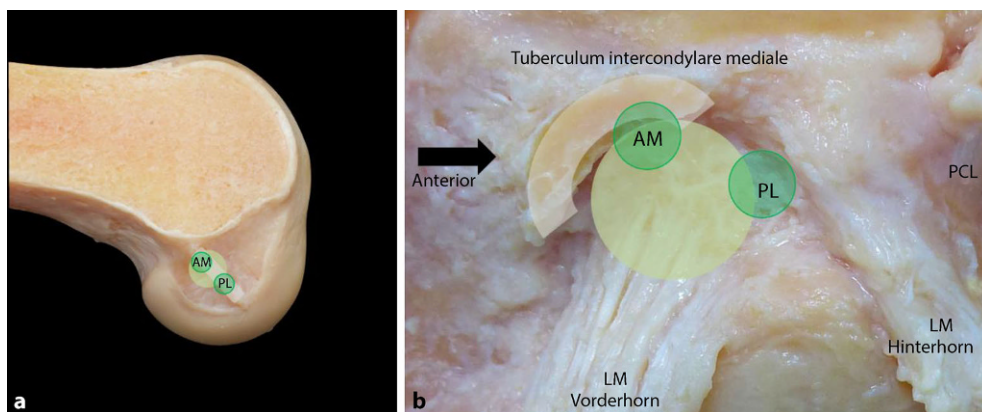


Abb. 3 ◀ Anatomische Orientierung eines runden Bohrkanals femoral (a) und tibial (b) in Relation zum Vorderhorn des Außenmeniskus in hellgrün; dunkelgrüne Punkte als Insertionspunkte der vorherigen anteromedialen (AM) bzw. posterolateralen (PL) Bündel als Vergleich

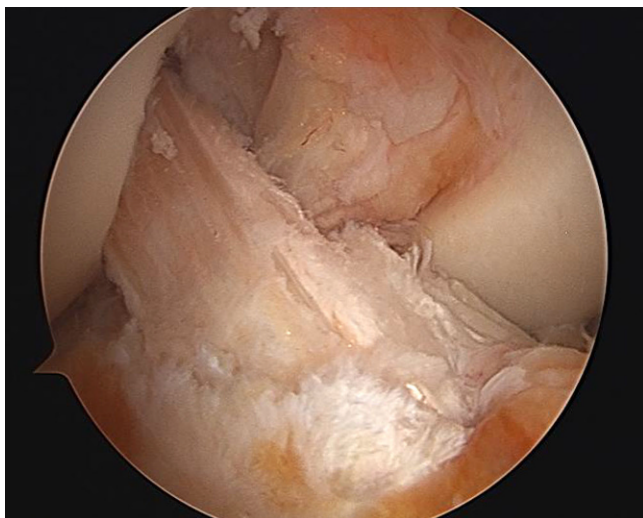


Abb. 4 ▲ Arthroskopische Sicht auf ein korrekt rekonstruiertes vorderes Kreuzband mithilfe der Quadrizepssehne

mechanische Studien den Zusammenhang zwischen dem posterioren tibialen Slope (PTS) und **sagittaler Instabilität** untersucht.

Aus biomechanischer Sicht erzeugt ein erhöhter PTS bei einer axialen Druckbelastung des Knies eine nach anterior gerichtete Scherkraft, die eine anteriore tibiale Translation (ATT) verursacht [21, 22]. Da das VKB die ATT primär einschränkt, kann der PTS die auf das rekonstruierte VKB einwirkenden Kräfte relevant beeinflussen und zum Versagen des Transplantats führen [23].

Sowohl die mediale als auch die laterale posteriore Neigung des Tibiaplateaus ist mit einem erhöhten Risiko eines **Transplantatversagens** verbunden. Insbesondere eine steilere mediale PTS scheint für eine erhöhte statische und dynamische ATT verantwortlich zu sein [24], während eine höhere laterale Neigung des Tibiaplateaus v.a. mit einer erhöhten rotatorischen Instabilität verbunden ist [25].

Einige Autoren schlagen vor, dass eine **Osteotomie** zur Korrektur des Neigungswinkels für Patienten mit einem $\text{PTS} \geq 12^\circ$ von Vorteil ist, da sie das Versagen des Transplantats minimieren kann [26, 27, 28]. In diesem Zusammenhang wurden verschiedene Techniken der anterioren schließenden Keilosteotomie („anterior closing wedge osteotomy“, ACWO) entwickelt, um die ATT zu reduzieren, indem

eine Korrektur des erhöhten PTS während der primären oder Revisions-VKB-Rekonstruktion ermöglicht wird [29, 30].

Anhand ihrer Beziehung zur **Tuberositas tibiae** (TT) lassen sich die ACWO in 3 Untertypen einteilen: supratuberositär, transtuberositär und infratuberositär.

Die transtuberositäre ACWO wurde erstmals von Sonnery-Cottet et al. beschrieben; die Autoren führten die Osteotomie auf Höhe der TT durch. Die Osteotomie wurde mit 2 Klammern stabilisiert, während zur Fixierung der TT 2 Zugschrauben verwendet wurden [31, 32]. Nachteil einer supratuberositären ACWO ist, dass eine vorbestehende **Patella alta** verstärkt und der VKB-Tunnel beeinträchtigt werden kann [33]. Im deutschen Sprachraum wird deshalb eher eine infratuberositäre ACWO bevorzugt. Wie von Hees und Petersen [34] sowie Ollivier et al. [35] beschrieben, kann eine ACWO unterhalb des TT viele Vorteile bieten. Ein Vorteil ist, dass sie bei Patienten mit Patella alta leicht durchgeführt werden kann, ohne die TT zu beeinträchtigen. Außerdem ermöglicht sie durch einen aufsteigenden Osteotomieschnitt einen relativ einfachen Schluss der Osteotomie. In Anbetracht der Tatsache, dass die Osteotomie weiter distal und mit einem schrägen Tibiaschnitt durchgeführt werden muss, erfordert diese Technik jedoch eine stabilere Fixierung (Plattenosteosynthese).

Zu den relativen Indikationen für die ACWO gehören fehlgeschlagene primäre VKB-Rekonstruktionen mit einem $\text{PTS} \geq 12^\circ$. Relative Kontraindikationen des Verfahrens sind massive **Hyperextensionsfähigkeit** des Knies ($> 10^\circ$), Varus- und Valgusdeformität von mehr als 10° , hintere Kreuzbandinsuffizienz und schwere Arthrose des Knies (Grade 3 und 4 nach Kellgren-Lawrence; [36]).

In der Literatur werden vielversprechende Ergebnisse mit verschiedenen Techniken vorgestellt, aber die meisten dieser Studien sind durch kleine Stichproben und eine kurze Nachbeobachtungszeit begrenzt. Nichtsdestotrotz wurde berichtet, dass mit verschiedenen Techniken gute Ergebnisse in Bezug auf die Kniestabilität und die Rückkehr zu normalen Aktivitäten erzielt werden können [31, 37, 38, 39].

Obwohl für die Durchführung einer ACWO während der primären VKB-Rekonstruktion oder der ersten VKB-Revision günstige Ergebnisse berichtet wurden, führen wir sie in der Mehrzahl der Fälle während der zweiten Revision bei Patienten mit einem $\text{PTS} > 12$ durch (Abb. 5). Allerdings ziehen wir eine Slope-Korrektur bei der primären VKB-Rekonstruktion in Betracht, wenn der Slope

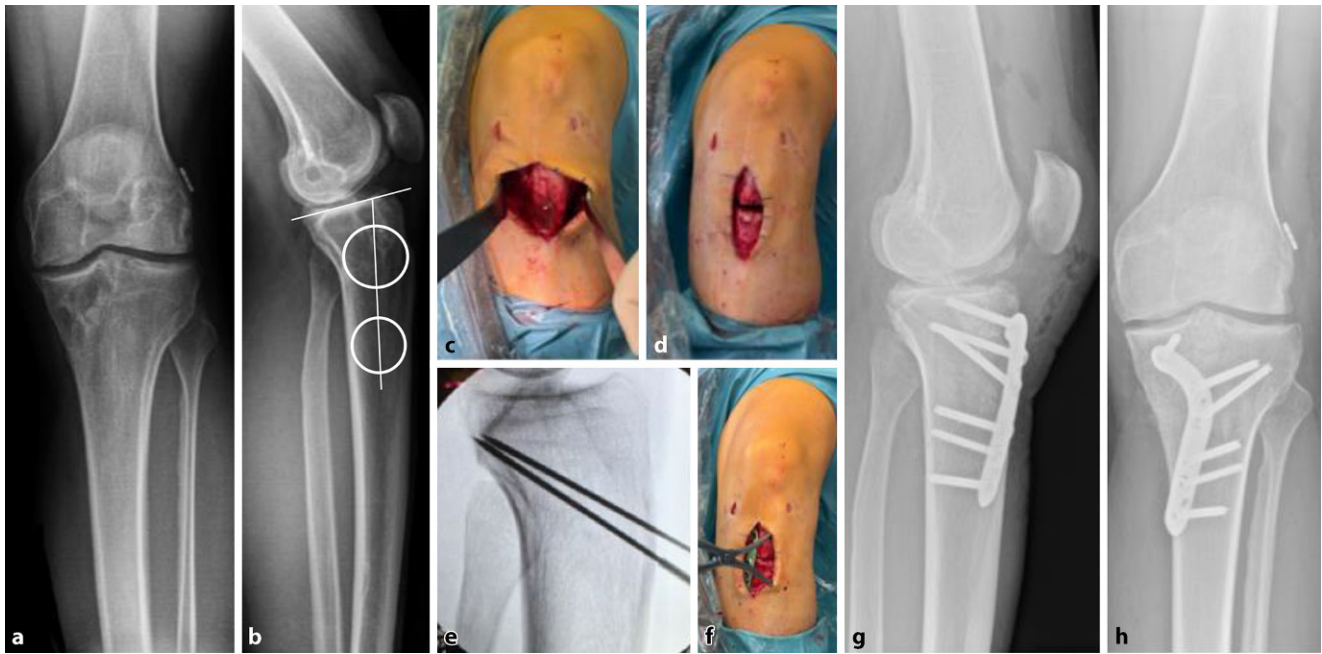


Abb. 5 ▲ a, b Röntgenaufnahmen eines 30-jährigen Patienten mit Z. n. 2-maliger Reruptur des vorderes Kreuzbands zeigen einen posterioren tibialen Slope von 16°. Zur Vorbereitung einer erneuten VKB-Rekonstruktion im Rahmen eines zweizeitigen Verfahrens wurde zunächst eine infratuberositär schließende Osteotomie (c–f), einschließlich einer Auffüllung der Bohrkanäle, durchgeführt. Hierbei wurde eine Reduktion des Slope um 6° erzielt (g, h)

> 18° beträgt oder nach einem nichttraumatischen Versagen des Transplantats auf der kontralateralen Seite und einem Slope > 16°. Zur Beurteilung der Neigung wird daher empfohlen, auch bei der primären VKB-Rekonstruktion routinemäßig eine lange seitliche Röntgenaufnahme der Tibia anzufertigen. In einigen Berichten wird empfohlen, den PTS auf 4–6° zu korrigieren [40], jedoch ist insbesondere bei Patienten mit einer präoperativen Hyperextension oder einem erheblichen präoperativen Slope Vorsicht geboten. In diesen Fällen kann eine zu starke Korrektur der Neigung zu einer Verstärkung der Hyperextension führen.

► Merke

Eine standardisierte Slope-Reduktion auf einen generellen Zielwert sollte nicht durchgeführt werden.

Rotationsinstabilitäten

Die Rotationsinstabilität des Knies ist einer der Hauptgründe für Misserfolge und schlechte klinische Ergebnisse nach einer VKB-Rekonstruktion. In der Vergangenheit lag der Schwerpunkt v. a. auf der anterolateralen Instabilität, während das mediale Kompartiment oft als „vernachlässigte Ecke“ oder „vernachlässigtes Band“ angesehen wurde, z. T. aufgrund der Überzeugung, dass das mediale Kompartiment des Knies ein enormes Heilungspotenzial besitzt und ein chirurgischer Eingriff nur selten erforderlich ist.

Anterolaterale Instabilität

Bei der anterolateralen Rotationsinstabilität (ALRI) handelt es sich um eine kombinierte anteriore Translation und Innenrotation des Schienbeinkopfes, die auftritt, wenn die anterolateralen Strukturen

des Knies (Tractus iliotibialis [ITB]/Kaplan-Fasern, anterolaterales Band „anterolateral ligament“, ALL und Kapsel) in Verbindung mit dem VKB verletzt werden (in 10,8–62,5% der Fälle; [41]).

In der Tat fungiert das VKB in der Streckung als primärer Stabilisator der tibialen Innenrotation, während in der Beugung die anterolateralen Strukturen rekrutiert werden (das ITB näher an der Streckung, das ALL bei höherer Beugung) und als Hauptstabilisatoren der tibialen Innenrotation wirken. Daher wird eine VKB-Ruptur als Voraussetzung für die Entwicklung einer ALRI angesehen. Die ALRI kann sich auch nach einer gleichzeitigen Verletzung der anterolateralen Strukturen entwickeln [42]. Aus biomechanischer Sicht kann die ALRI außerdem durch die anatomische knöcherne Situation des Schienbeins verstärkt werden. Je steiler der Slope, desto größer dürfte die ALRI sein, wenn die anterolateralen Strukturen verletzt sind, da ein Oberschenkelknochen an einem steileren Slope dazu neigt, mehr nach hinten zu gleiten [43]. Zusätzlich führt das Vorhandensein einer **posterolateralen Tibiaplateaufrakture** (auch als „Bankart-Läsion des Kniegelenks“ bekannt), die mit einem Verlust der knöchernen Unterstützung für das Hinterhorn des lateralen Meniskus einhergeht, zu einer zusätzlichen Zunahme der anterioren tibialen Translation und der anterolateralen Rotationsinstabilität des VKB-defizienten Gelenks [44].

Es ist wichtig, eine ALRI zu erkennen, da sie unbehandelt für eingeschränkte Operationsergebnisse, ein mögliches Versagen der VKB-Rekonstruktion und sekundäre Verletzungen des Meniskus oder Knorpels sowie das frühzeitige Auftreten von **arthritischer Degeneration** verantwortlich sein kann.

Klinisch äußert sich die ALRI durch einen hochgradigen positiven Ausfall des **Pivot-Shift-Tests**. Röntgenaufnahmen können die **Second-Frakture**, die als tibialer Abriss des anterolateralen Kom-

plexes definiert ist, zeigen, und die MRT kann die Läsionen der anterolateralen Strukturen bei genauer Analyse meist gut darstellen.

Derzeit gibt es keine eindeutigen evidenzbasierten Indikationen für die Durchführung eines anterolateralen extraartikulären Eingriffs im Zusammenhang mit einer VKB-Rekonstruktion. Die Entscheidung basiert hauptsächlich auf der präoperativen klinischen Bewertung und den Patientenmerkmalen. In der klinischen Praxis werden Revisionsoperationen, hochgradige Pivot-Shift-Test-Befunde, generalisierte Hyperlaxität, Genu recurvatum oder Hyperextension > 10° und Patienten im Alter < 25 Jahren, die wieder pivotierende Sportarten ausüben, als Indikationen angegeben [45].

Es gibt auch keine eindeutige Überlegenheit einer ALL-Rekonstruktion gegenüber den verschiedenen Formen der anterolateralen Tenodesse (laterale extraartikuläre Tenodesse, LET).

Anteromediale Instabilität

Slocum und Larson beschrieben 1968 erstmals die anteromediale Rotationsinstabilität (AMRI) als eine erhöhte Außenrotation der Tibia mit anteriorer Subluxation des medialen Tibiaplateaus [46].

Da eine kombinierte VKB- und „Medial-collateral-ligament“ (MCL)-Verletzung die häufigste Bandverletzung des Knies darstellt, sollte bei der Untersuchung eines VKB-verletzten Kniegelenks auf eine **mediale Begleitverletzung** untersucht werden. Klinische Studien haben bestätigt, dass eine unbehandelte mediale Laxität mit einem 13- bis 17fach erhöhten Risiko eines VKB-Transplantat-Versagens verbunden ist [47, 48].

Das oberflächliche MCL („superficial [s]MCL“) ist der wichtigste Stabilisator für die Valgusbelastung im gesamten Bewegungsbereich und für die Außenrotation der Tibia in Flexion, während das hintere Schrägband („posterior oblique ligament“, POL) in voller Streckung einen wichtigen Stabilisator für die Valgusrotation und die Tibiainnendrehung darstellt. Darüber hinaus ist das tiefe MCL („deep [d]MCL“) der primäre Stabilisator für die tibiale Außenrotation von 0°- bis 30°-Flexion [49] und hat, wie Willinger et al. feststellten, analog eine vergleichbare Funktion wie das ALL auf der lateralen Seite [50].

Die klinische Bewertung der medialen und anteromedialen Knieinstabilität umfasst spezifische Tests, mit denen sowohl die Laxität als auch die Rotationsstabilität beurteilt werden sollen.

Der **Valgusbelastungstest** wird üblicherweise zur Beurteilung der medialen Laxität verwendet; insbesondere in Fällen einer sMCL-Beteiligung ist die Valgusbelastung bei etwa 30° Flexion positiv. Während der **Dial-Test** (maximale Außenrotation des Unterschenkels in 60°-Beugung) in erster Linie dazu dient, eine posterolaterale Rotationsinstabilität festzustellen, kann er auch eine übermäßige anteromediale Rotation und eine Ruptur des dMCL aufzeigen.

In chronischen Fällen können **Belastungsrontgenaufnahmen** in 30°-Beugung zur Beurteilung der Valgusinstabilität herangezogen werden: hierbei dient das kontralaterale unverletzte Knie als Referenz für die Messung der **medialen Gelenkspaltverbreiterung**.

► Merke

Eine dezidierte klinische Untersuchung ist entscheidend, um verletzte Strukturen zu identifizieren.

In akuten Fällen helfen die MRT-Aufnahmen beim Nachweis einer Bandläsion, indem sie direkt die **Weichteilrisse** oder indirekt die **Knochenprellungen** darstellen; darüber hinaus kann auch der Ultraschall zur Beurteilung von MCL-Verletzungen und zur Messung der medialen Gelenkspaltweite nützlich sein. Eine Rotationsinstabilität kann jedoch in Belastungsrontgenaufnahmen und im MRT übersehen werden und sollte immer auf der Grundlage der Ergebnisse der klinischen Untersuchung beurteilt werden.

Die MCL-Verletzungen werden im Allgemeinen in 3 Grade eingeteilt, wobei bei einer Verletzung des Grades III mit Valgusinstabilität in voller Streckung von einem hohen Risiko für eine gleichzeitige VKB-Verletzung und AMRI ausgegangen wird. Kürzlich schlugen Wier et al. eine vereinfachte Klassifizierung der AMRI vor, die auf einer Kombination des anteromedialen Schubladentests, des externen Dial-Tests und des Valgusbelastungstestes basiert [49]. Die mediale Instabilität kann auch während der **Arthroskopie** beurteilt werden: Unter Valgusbelastung kann ein **mediales Gapping** (erweiterter Gelenkspalt) beobachtet werden (Abb. 6).

Ein Abheben des medialen Meniskus mit meniskofemoralem oder meniskotibialen Gapping kann beobachtet werden, was jeweils auf eine femorale oder tibiale dMCL-Ruptur hinweist. Auch eine AMRI kann durch eine Subluxation des Innenmeniskushinterhorns vor die mediale Kondyle unter Einleitung eines Außenrotationsstresses im Rahmen der Arthroskopie valide dargestellt

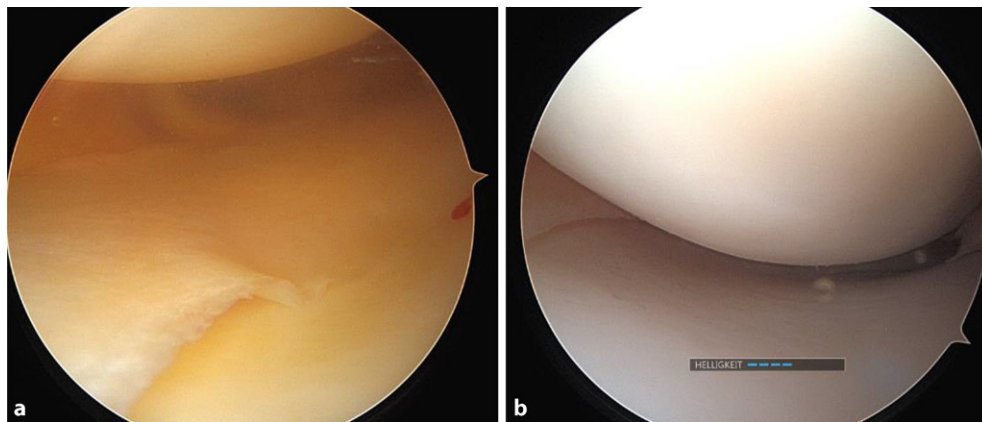


Abb. 6 ◀ a Arthroscopischer Befund bei Ruptur des „deep medial collateral ligament“ (dMCL) und des „superficial medial collateral ligament“ (sMCL) mit daraus resultierend erweitertem medialen Gelenkspalt, b Befund nach Refixation

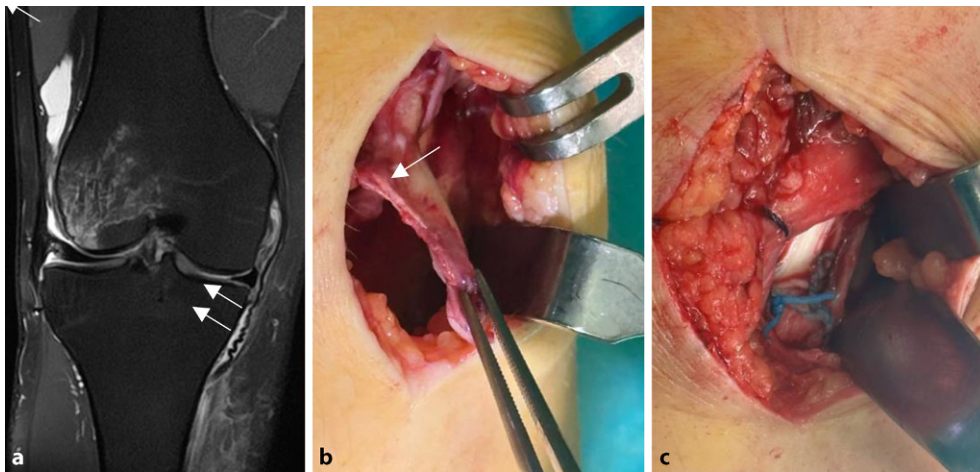


Abb. 7 ◀ a Magnetresonanztomogramm mit Stener-like-Läsion (Pfeile) eines Skifahrers nach einem Valgustrauma; b, c intraoperativer Befund und Zustand nach Refixation mithilfe eines Nahtankers in anatomischer Position unterhalb des Pes anserinus

werden. In akuten Fällen hat das MCL grundsätzlich ein gutes Heilungspotenzial, sodass eine Operation erwogen werden sollte, wenn keine ausreichende Heilung zu erwarten ist. Indikationen für eine Operation sind eine Valguslaxität des Grades 3 in voller Streckung und bei 30°, ein positiver Befund im Dial-Test für AMRI und eine MCL-Laxität des Grades 2 bei Sportlern in Verbindung mit einer VKB-Rekonstruktion. Eine weitere Indikation für eine Operation ist die „Stener-like“-Läsion (abgeleitet von der „Stener-Läsion“, des über die Aponeurose dislozierten gerissenen ulnaren Daumenseitenbands), eine tibiale Avulsion des sMCL, bei der der gerissene Bandanteil über den Pes anserinus verlagert wird (Abb. 7).

In der akuten Situation ist eine Reparatur der geschädigten Strukturen wünschenswert, z. B. mithilfe von **Nahtankern** zur Fixierung der ausgerissenen Strukturen. Wenn eine intratendinöse Läsion festgestellt wird, oder wenn nach der Reparatur eine Restlaxität verbleibt, kann eine **Augmentation** mit einer flachen autogenen Grazilissehne durchgeführt werden [51].

In chronischen Fällen ist es notwendig, den anatomischen Zustand der beschädigten Strukturen durch Rekonstruktion mithilfe von Sehnentransplantaten wiederherzustellen [52]. Bei der Behandlung der medialen Instabilität in Verbindung mit VKB-Verletzungen ist die Verwendung der Semitendinosus-Sehne als VKB-Transplantat i. Allg. zu vermeiden, um eine Einschränkung der dynamischen Stabilisierung durch die HS zu vermeiden [53].

Meniskusläsionen

Meniskusverletzungen sind häufige Begleitverletzungen von VKB-Rupturen. Die Inzidenz wird in der Literatur im akuten Stadium zwischen 55 und 85% angegeben und kann bei chronischen Instabilitäten noch höher ausfallen [54].

Es ist von entscheidender Bedeutung, Meniskusrisse zeitnah (im Idealfall innerhalb weniger Wochen) zu behandeln, da diese mit der Zeit immer komplexer und weniger reparabel werden können. Insbesondere gilt dies auf der lateralen Seite. Außerdem erhöht eine Verzögerung der VKB-Rekonstruktion um mehr als 6 Monate das Risiko von **Sekundärläsionen** oder eines Fortschreitens der ursprünglichen Läsionen (Meniskus/Knorpel; [55]). Die Behandlung von Meniskusläsionen hat sich in den letzten 30 Jahren weiter-

entwickelt. Da der Meniskus eine entscheidende biomechanische Rolle als sekundärer Stabilisator für die anteriore Translation und Rotationsstabilität spielt, gibt es eine zunehmende Tendenz, ihn zu erhalten. Trotzdem kann die **selektive Meniskektomie** eine Option sein, wenn die Erfolgsaussichten anderer **meniskusreparativer Techniken** gering eingestuft werden muss [56]. Häufig ist dies bei degenerativen Meniskusrissen, Rissen in der Weiß-Weiß-Zone, komplexen oder chronisch dislozierten Rupturen der Fall. In diesen Fällen sollte, wenn eine Meniskusektomie nicht vermieden werden kann, eine möglichst zurückhaltende Teilresektion durchgeführt werden. Besondere Aufmerksamkeit ist bei der Durchführung einer lateralen Meniskektomie geboten, da die Ergebnisse im Vergleich zur medialen Seite tendenziell schlechter sind. Dieser Unterschied ist auf anatomische und biomechanische Faktoren zurückzuführen: Der laterale Meniskus trägt einen größeren Teil der Belastung im lateralen Kompartiment als der mediale Meniskus im medialen Kompartiment (70% gegenüber 50%), aufgrund der geringeren Kongruenz des lateralen Kniekompartiments. Auch bei Profisportlern konnten nach partieller Resektion der Außenmenisken im Vergleich zum Innenmeniskus eine spätere Rückkehr zum Sport und eine höhere Wahrscheinlichkeit für Folgebeschwerden festgestellt werden [57, 58].

Die erfolgversprechendste Indikation für eine Meniskusreparatur ist eine instabile, vertikale oder longitudinale Läsion in der peripheren Region (rot-rote Zone) des Meniskus. Wichtig ist zusätzlich die Berücksichtigung allgemeiner Faktoren des Patienten wie Alter, Aktivitätsniveau, Kniestabilität und die Beinachse.

Die Erfolgsquote bei Meniskusreparaturen ist deutlich höher, wenn sie früh nach dem Trauma (< 12 Wochen) durchgeführt werden [54].

Verletzungen, die lange Zeit übersehen wurden, sind die **Rampenläsionen** (Risse der dorsalen meniskokapsulären Verbindung des Innenmeniskus). Deshalb sollte im Rahmen der VKB-Rekonstruktion routinemäßig die Visualisierung des Rampenbereichs mithilfe der Inspektion der dorsomedialen Kapselregion in „Gilchrist-View“ (Einbringen des Arthroskops durch den Interkondylarraum in den dorsomedialen Aspekt des Kniegelenks) durchgeführt werden. Größere Rampenläsionen sollten vorzugsweise über ein postero-mediales Arbeitsportal direkt genäht werden. Große unbehandelte Rampenläsionen können zu einer verbleibenden anteroposterioren

Instabilität in dem VKB-rekonstruierten Knie und zu schlechteren funktionellen Ergebnissen beitragen [59, 60].

Fazit für die Praxis

- Eine möglichst der anatomischen Situation entsprechende Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (VKB) mithilfe individueller Transplantatwahl ist für ein gutes postoperative Ergebnis entscheidend.
- Eine Slope-Rekonstruktion sollte bei entsprechenden Werten vorrangig im Revisionsfall Anwendung finden.
- Die exakte Beurteilung der peripheren medialen und lateralen Strukturen sowie ihre entsprechende Therapie sind essenziell und sollten stets bedacht werden.
- Die Therapieplanung einer Meniskusverletzung hängt von der Läsionskonfiguration und anamnestischen Besonderheiten des Patienten ab.

Korrespondenzadresse

Ao Univ.-Prof. Dr. med. Christian Fink
Gelenkpunkt – Sport und Gelenkchirurgie
Olympiastraße 39, 6020 Innsbruck, Österreich
c.fink@gelenkpunkt.com

Funding. Open access funding provided by UMIT TIROL-Private Universität für Gesundheitswissenschaften und -technologie GmbH

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. **C. Fink:** A. Finanzielle Interessen: Forschungsförderung zur persönlichen Verfügung: Zimmer Fellowship Support, Medacta. – Vortragshonorare oder Kostenersatzung als passiv Teilnehmende: Stryker, Smith & Nephew, Medacta. – Bezahlte Beratungsleistungen, interne Schulungsvorträge, Gehaltsbezug o. Ä.: Medacta, Karl Storz. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Gelenkpunkt, UMIT Tirol | MOTUM, SSI, CC Innovation | Mitgliedschaften: ESSKA (European Society of Sports Medicine, Knee Surgery and Arthroscopy) – Member „Arthroscopy committee“; AGA – Gesellschaft für Arthroscopie und Gelenkchirurgie, Vorstandsmitglied (2002–2011), Präsident (2007–2009); ICRS (International Cartilage Repair Society); AAOS (American Academy of Orthopaedic Surgeons); AOSSM (American Orthopedic Society of Sports Medicine); ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine); Member of Arthroscopy Committee; Magellan Society – aktueller Präsident; ACL Study Group; GOTS (Gesellschaft für Orthopädie, Traumatologie und Sportmedizin). **A. Marchetti:** A. Finanzielle Interessen: A. Marchetti gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: angestellter Assistenzarzt in Weiterbildung Orthopädie/Unfallchirurgie, Clinica ortopedica e traumatologica, Università di Trieste (Trieste, Italien), derzeit Fellowship Gelenkpunkt Innsbruck | Mitgliedschaften: SIAGASCOT, SIOT, OTODI. **T. Schwäblein:** A. Finanzielle Interessen: T. Schwäblein gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: angestellter Assistenzarzt in Weiterbildung Orthopädie/Unfallchirurgie, BG Klinikum Bergmannstrost Halle/Saale, derzeit Fellowship Gelenkpunkt Innsbruck | Mitgliedschaften: AGA-Gesellschaft, DVSE. **M. Herbort:** A. Finanzielle Interessen: Medacta International – Forschungsförderung Mecta-B-Schrauben-Studie klinisch, prospektiv, ENOVIS: Forschungsförderung Orthopy-Studie, OPED: Forschungsförderung Camoped-Studie. – Medacta International: Berater Tätigkeit, Vorträge; Arthrex: Vorträge, Workshop Tätigkeit, Fortbildungen, Referent von In-House-Kursen, Berater Tätigkeit; Stryker: Vorträge, Workshops, Referent In-

House Kursen; ENOVIS: Vorträge, Berater Tätigkeit; Conmed Linvatec: Vorträge; Newclip: Vorträge. – Patente, Geschäftsanteile, Aktien o. Ä. an einer im Medizinbereich aktiven Firma: Medacta International. – B. Nichtfinanzielle Interessen: selbstständiger Orthopäde/Unfallchirurg (OCM Klinik, München) | Vorstandsmitglied Bundesverband für Arthroscopie (BVASK) und Deutsche Kniegesellschaft (DKG).

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ et al (2016) Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study. *Am J Sports Med* 44(6):1502–1507. <https://doi.org/10.1177/0363546516629944>
2. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD (2016) Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 44(7):1861–1876. <https://doi.org/10.1177/0363546515621554>
3. West RV, Harner CD (2005) Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg* 13(3):197–207. <https://doi.org/10.5435/00124635-200505000-00006>
4. Runer A, Keeling L, Wagala N et al (2023) Current trends in graft choice for anterior cruciate ligament reconstruction—part I: anatomy, biomechanics, graft incorporation and fixation. *J exp orthop* 10(1):37. <https://doi.org/10.1186/s40634-023-00600-4>
5. Mouarbes D, Menetrey J, Marot V, Courtot L, Berard E, Cavaignac E (2019) Anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone–patellar tendon–bone and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med* 47(14):3531–3540. <https://doi.org/10.1177/0363546518825340>
6. Runer A, Csapo R, Hepperger C, Herbort M, Hoser C, Fink C (2020) Anterior cruciate ligament reconstructions with quadriceps tendon autograft result in lower graft rupture rates but similar patient-reported outcomes as compared with hamstring tendon autograft: a comparison of 875 patients. *Am J Sports Med* 48(9):2195–2204. <https://doi.org/10.1177/0363546520931829>
7. Runer A, Suter A, Roberti Di Sarsina T et al (2023) Quadriceps tendon autograft for primary anterior cruciate ligament reconstruction show comparable clinical, functional, and patient-reported outcome measures, but lower donor-site morbidity compared with hamstring tendon autograft: a matched-pairs study with a mean follow-up of 6.5 years. *J ISAKOS* 8(2):60–67. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2022.08.008>
8. Herbort M, Michel P, Raschke MJ et al (2017) Should the ipsilateral hamstrings be used for anterior cruciate ligament reconstruction in the case of medial collateral ligament insufficiency? Biomechanical investigation regarding dynamic stabilization of the medial compartment by the hamstring muscles. *Am J Sports Med* 45(4):819–825. <https://doi.org/10.1177/0363546516677728>
9. Fu FH, Karlsson J (2010) A long journey to be anatomic. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(9):1151–1153. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1222-1>
10. Ziegler CG, Pietrini SD, Westerhaus BD et al (2011) Arthroscopically pertinent landmarks for tunnel positioning in single-bundle and double-bundle anterior

- cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med* 39(4):743–752. <https://doi.org/10.1177/0363546510387511>
11. Byrne KJ, Hughes JD, Gibbs C et al (2022) Non-anatomic tunnel position increases the risk of revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 30(4):1388–1395. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06607-7>
 12. Schützenberger S, Grabner S, Schallmayer D, Kontic D, Keller F, Fialka C (2021) The risk of graft impingement still exists in modern ACL surgery and correlates with degenerative MRI signal changes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 29(9):2880–2888. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06300-1>
 13. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Cizek B, Ciszowska-Tysoń B, Siebold R (2015) Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(11):3143–3150. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3146-7>
 14. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Cizek B, Williams A (2016) The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. *Bone Joint J* 98(8):1020–1026. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B8.37117>
 15. Siebold R, Schuhmacher P, Fernandez F et al (2015) Flat midsubstance of the anterior cruciate ligament with tibial “C”-shaped insertion site. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(11):3136–3142. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3058-6>
 16. Kawaguchi Y, Kondo E, Takeda R, Akita K, Yasuda K, Amis AA (2015) The role of fibers in the femoral attachment of the anterior cruciate ligament in resisting tibial displacement. *Arthroscopy* 31(3):435–444. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2014.08.033>
 17. Fink C, Lawton R, Förschner F, Gföller P, Herbolt M, Hoser C (2018) Minimally invasive quadriceps tendon single-bundle, arthroscopic, anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with rectangular bone tunnels. *Arthrosc Tech* 7(10):e1045–e1056. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.06.012>
 18. Liu W, Wu Y, Wang X et al (2023) ACL stump and ACL femoral landmarks are equally reliable in ACL reconstruction for assisting ACL femoral tunnel positioning. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 31(1):219–228. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07084-2>
 19. LaPrade CM, Smith SD, Rasmussen MT et al (2015) Consequences of tibial tunnel reaming on the meniscal roots during cruciate ligament reconstruction in a cadaveric model, part 1: the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 43(1):200–206. <https://doi.org/10.1177/0363546514554769>
 20. Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP, Lewis DD (2008) Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Veterinary Surgery* 37(2):111–125. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2007.00361.x>
 21. Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SLY, Harner CD (2004) Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. *Am J Sports Med* 32(2):376–382. <https://doi.org/10.1177/0363546503258880>
 22. Marouane H, Shirazi-Adl A, Hashemi J (2015) Quantification of the role of tibial posterior slope in knee joint mechanics and ACL force in simulated gait. *J Biomech* 48(10):1899–1905. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.04.017>
 23. Feucht MJ, Mauro CS, Brucker PU, Imhoff AB, Hinterwimmer S (2013) The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):134–145. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-1941-6>
 24. Dejour D, Pungitore M, Valluy J, Nover L, Saffarini M, Demey G (2019) Preoperative laxity in ACL-deficient knees increases with posterior tibial slope and medial meniscal tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27(2):564–572. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5180-3>
 25. Rahnemai-Azar AA, Abebe ES, Johnson P et al (2017) Increased lateral tibial slope predicts high-grade rotatory knee laxity pre-operatively in ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25(4):1170–1176. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4157-3>
 26. Salmon LJ, Heath E, Akrawi H, Roe JP, Linklater J, Pinczewski LA (2018) 20-year outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autograft: the catastrophic effect of age and posterior tibial slope. *Am J Sports Med* 46(3):531–543. <https://doi.org/10.1177/0363546517741497>
 27. Lee CC, Youm YS, Cho SD et al (2018) Does posterior tibial slope affect graft rupture following anterior cruciate ligament reconstruction? *Arthroscopy* 34(7):2152–2155. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.01.058>
 28. Cantin O, Magnussen RA, Corbi F, Servien E, Neyret P, Lustig S (2015) The role of high tibial osteotomy in the treatment of knee laxity: a comprehensive review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(10):3026–3037. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3752-z>
 29. Amendola A, Bonasia DE (2010) Results of high tibial osteotomy: review of the literature. *International Orthopaedics (SICOT)* 34(2):155–160. <https://doi.org/10.1007/s00264-009-0889-8>
 30. Won HH, Chang CB, Je MS, Chang MJ, Kim TK (2013) Coronal limb alignment and indications for high tibial osteotomy in patients undergoing revision ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 471(11):3504–3511. <https://doi.org/10.1007/s11999-013-3185-2>
 31. Sonnerby-Cottet B, Mogos S, Thauan M et al (2014) Proximal tibial anterior closing wedge osteotomy in repeat revision of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 42(8):1873–1880. <https://doi.org/10.1177/0363546514534938>
 32. Dejour D, Saffarini M, Demey G, Baverel L (2015) Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(10):2846–2852. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3758-6>
 33. Portner O (2014) High tibial valgus osteotomy: closing, opening or combined? Patellar height as a determining factor. *Clin Orthop Relat Res* 472(11):3432–3440. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3821-5>
 34. Hees T, Petersen W (2018) Anterior closing-wedge osteotomy for posterior slope correction. *Arthrosc Tech* 7(11):e1079–e1087. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.07.003>
 35. Ollivier M, Dougouih W, Karam KM, Onishi S, Arthur Chou TF (2024) Infratuberosity anterior closing-wedge high tibial osteotomy for slope correction in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Arthrosc Tech*. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2024.103153>
 36. DePhillipo NN, Kennedy MI, Dekker TJ, Aman ZS, Grantham WJ, LaPrade RF (2019) Anterior closing wedge proximal tibial osteotomy for slope correction in failed ACL reconstructions. *Arthrosc Tech* 8(5):e451–e457. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2019.01.001>
 37. Rozinthe A, van Rooij F, Demey G, Saffarini M, Dejour D (2022) Tibial slope correction combined with second revision ACLR grants good clinical outcomes and prevents graft rupture at 7–15-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 30(7):2336–2341. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06750-1>
 38. Mabrouk A, Kley K, Jacquet C, Fayard JM, An JS, Ollivier M (2023) Outcomes of slope-reducing proximal tibial osteotomy combined with a third anterior cruciate ligament reconstruction procedure with a focus on return to impact sports. *Am J Sports Med* 51(13):3454–3463. <https://doi.org/10.1177/03635465231203016>
 39. Song G, Ni Q, Zheng T, Zhang Z, Feng H, Zhang H (2020) Slope-reducing tibial osteotomy combined with primary anterior cruciate ligament reconstruction produces improved knee stability in patients with steep posterior tibial slope, excessive anterior tibial subluxation in extension, and chronic meniscal posterior horn tears. *Am J Sports Med* 48(14):3486–3494. <https://doi.org/10.1177/0363546520963083>
 40. Dan MJ, Cance N, Pineda T, Demey G, Dejour DH (2023) Four to 6 degrees is the target posterior tibial slope after tibial deflection osteotomy according to the knee static anterior tibial translation. *Arthroscopy*. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2023.07.007>
 41. Puzitiello RN, Agarwalla A, Zuke WA, Garcia GH, Forsythe B (2018) Imaging diagnosis of injury to the anterolateral ligament in patients with anterior cruciate ligaments: association of anterolateral ligament injury with other types of knee pathology and grade of pivot-shift examination: a systematic review. *Arthroscopy* 34(9):2728–2738. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.04.025>
 42. Kittl C, El-Daou H, Athwal KK et al (2016) The role of the anterolateral structures and the ACL in controlling laxity of the intact and ACL-deficient knee. *Am J Sports Med* 44(2):345–354. <https://doi.org/10.1177/0363546515614312>
 43. Flury A, Hodel S, Andronic O et al (2023) Extent of posterolateral tibial plateau impaction fracture correlates with anterolateral complex injury and has an impact on functional outcome after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 31(6):2266–2273. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07282-y>
 44. Milinkovic DD, Kittl C, Herbst E et al (2023) The “Bankart knee”: high-grade impression fractures of the posterolateral tibial plateau lead to increased translational and anterolateral rotational instability of the ACL-deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 31(10):4151–4161. <https://doi.org/10.1007/s00167-023-07432-w>
 45. ALC Consensus Group, Getgood A, Brown C et al (2019) The anterolateral complex of the knee: results from the international ALC consensus group meeting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 27(1):166–176. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5072-6>
 46. Slocum DB, Larson RL (1968) Rotatory instability of the knee. Its pathogenesis and a clinical test to demonstrate its presence. *J Bone Joint Surg Am* 50(2):211–225
 47. Ahn JH, Lee SH (2016) Risk factors for knee instability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24(9):2936–2942. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3568-x>
 48. Alm L, Krause M, Frosch KH, Akoto R (2020) Preoperative medial knee instability is an underestimated risk factor for failure of revision ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28(8):2458–2467. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06133-y>

49. Wierer G, Milinkovic D, Robinson JR et al (2021) The superficial medial collateral ligament is the major restraint to anteromedial instability of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 29(2):405–416. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-05947-0>
50. Willinger L, Shinohara S, Athwal KK, Ball S, Williams A, Amis AA (2020) Length-change patterns of the medial collateral ligament and posterior oblique ligament in relation to their function and surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28(12):3720–3732. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06050-0>
51. Wierer G, Kittl C, Fink C, Weiler A (2022) Medial collateral ligament reconstruction: a gracilis tenodesis for anteromedial knee instability. *Arthrosc Tech* 11(8):e1409–e1418. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2022.03.034>
52. Abermann E, Wierer G, Herbolt M, Smigielski R, Fink C (2022) MCL reconstruction using a flat tendon graft for anteromedial and posteromedial instability. *Arthrosc Tech* 11(3):e291–e300. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2021.10.019>
53. Kremen TJ, Polakof LS, Rajaei SS, Nelson TJ, Metzger MF (2018) The effect of hamstring tendon autograft harvest on the restoration of knee stability in the setting of concurrent anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries. *Am J Sports Med* 46(1):163–170. <https://doi.org/10.1177/0363546517732743>
54. Kopf S, Beaufils P, Hirschmann MT et al (2020) Management of traumatic meniscus tears: the 2019 ESSKA meniscus consensus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 28(4):1177–1194. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-05847-3>
55. Fok AWM, Yau WP (2013) Delay in ACL reconstruction is associated with more severe and painful meniscal and chondral injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(4):928–933. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2027-1>
56. Beaufils P, Pujol N (2017) Management of traumatic meniscal tear and degenerative meniscal lesions. Save the meniscus. *Orthop Traumatol Surg Res* 103(8):S237–S244. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2017.08.003>
57. Shelbourne KD, Dersam MD (2004) Comparison of partial meniscectomy versus meniscus repair for bucket-handle lateral meniscus tears in anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arthroscopy* 20(6):581–585. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2004.03.009>
58. D'Ambrosi R, Meena A, Raj A et al (2023) In elite athletes with meniscal injuries, always repair the lateral, think about the medial! A systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 31(6):2500–2510. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07208-8>
59. DePhillipo NN, Moatshe G, Brady A et al (2018) Effect of meniscocapsular and meniscotibial lesions in ACL-deficient and ACL-reconstructed knees: a biomechanical study. *Am J Sports Med* 46(10):2422–2431. <https://doi.org/10.1177/0363546518774315>
60. Sonnerly-Cottet B, Cruz SR, Vieira TD, Goes RA, Saithna A (2020) Ramp lesions. *Clin Sports Med* 39(1):69–81. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2019.08.010>

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.



Ruptur des vorderen Kreuzbands

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-die-unfallchirurgie

? Welche Aussage zur Anatomie und zur Biomechanik des Kniegelenks ist korrekt?

- Der tibiale Footprint des vorderen Kreuzbands zeigt sich dreiecksförmig.
- Das vordere Kreuzband ist eine runde „kabelartige“ Struktur.
- Femoral inseriert das native vordere Kreuzband über direkte und indirekte Fasern.
- Das native Kreuzband ist etwa 30 mm breit und besteht aus 4 klassischen Bündeln.
- In Extension fungiert das vordere Kreuzband als primärer Stabilisator der tibialen Außenrotation.

? Sie planen eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands ohne eindeutig sichtbaren Stumpf. Welche arthroskopische Landmarke dient Ihnen als Orientierung zur tibialen Tunnelanlage?

- Vorderhorn des Außenmeniskus
- Laterale Notch-Wand
- Hinterhorn des Außenmeniskus
- Vorderhorn des Innenmeniskus
- Femoraler Ansatz des hinteren Kreuzbands

? Die Transplantatwahl spielt bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands eine wichtige Rolle. Was gilt es, dabei zu beachten?

- Ein „Bone-patellar-tendon-bone“(BPTB)-Transplantat stellt bei häufig knienenden Tätigkeiten den Goldstandard dar.

- Allogene Transplantate sind bezüglich der Versagensrate gleichwertig wie Autografts zu werten.
- Quadrizepssehnentransplantate können sowohl mit als auch ohne Knochenblock verwendet werden.
- Semitendinosussehnentransplantate eignen sich besonders für Sportler, die auf eine gut entwickelte Kniebeugemuskulatur angewiesen sind.
- Biomechanisch besitzen allogene Transplantate bessere Struktureigenschaften.

? Worauf sollte bei der Planung einer operativen Slope-Korrektur geachtet werden?

- Nach derzeitiger Datenlage sollte diese nur im Revisionsfall durchgeführt werden.
- Die supratuberositäre Osteotomie korrigiert eine Patella alta.
- Die Indikation besteht ab einem posterioren tibialen Slope (PTS) > 5°.
- Eine zu starke Korrektur kann zu einer Verstärkung der Hyperextension des Kniegelenks führen.
- Die „Medial-closed-wedge“-Osteotomie stellt diesbezüglich ein gängiges Verfahren dar.

? Welche Struktur ist wesentlich an der Aufrechterhaltung der anterolateralen Rotationsstabilität beteiligt?

- Mediales patellofemorales Ligament (MPFL)

- Tiefes mediales Kollateralband („deep medial collateral ligament“, dMCL)
- Kaplan-Fasern, „anterolateral ligament“ (ALL), Kapsel
- Medialer Meniskus
- Hinteres Kreuzband

? Welche Aussage zu Lateralen-extra-artikulären-Tenodese(LET)-Verfahren im Rahmen der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands trifft zu?

- Insbesondere profitieren davon Patienten ab einem Alter > 40 Jahren mit moderatem sportlichen Anspruch.
- Eine LET sollte im Rahmen einer primären Ruptur des vorderen Kreuzbands nicht angewandt werden.
- Das sog. Elmslie-Verfahren findet häufig Anwendung.
- Durch eine LET kann die Rate der Re-rupturen des vorderen Kreuzbands nicht reduziert werden.
- Die Indikationsstellung ist abhängig von mehreren klinischen Merkmalen wie u. a. einem positiven Pivot-Shift-Test, der Hyperlaxität und der Revisionssituation.

? Welche pathologische Veränderung des Meniskus sollte am ehesten mit einem Nahtverfahren versorgt werden?

- Läsionen nach Trauma, > 6 Monate zurückliegend
- Longitudinale Risse in der rot-roten Zone
- Risse in der weiß-weißen-Zone

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit 3 Punkten (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013).

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med-Abonnenten.
- Abonnenten von „Die Orthopädie“ oder „Die Unfallchirurgie“ können kostenlos an CME-Kursen beider Zeitschriften teilnehmen.

- ☐ Komplexe Risse des medialen Meniskus
- ☐ Chronisch dislozierte Rupturen

? Ein Patient stellt sich nach einem Valgustrauma bei Ihnen vor. Welcher Testbefund lässt eine isolierte Verletzung des oberflächlichen medialen Kollateralbands („superficial medial collateral ligament“, sMCL) vermuten?

- ☐ Positiver Dial-Test
- ☐ Vermehrte anterolaterale Instabilität in 30°-Flexion
- ☐ Vermehrte Aufklappbarkeit unter Valgusstress in voller Extension
- ☐ Schmerzprovokation im lateralen Kompartiment
- ☐ Vermehrte Aufklappbarkeit unter Valgusstress in 30°-Flexion

? Wie sollte eine Verletzung des MCL(mediales Kollateralband)-Komplexes am ehesten therapiert werden?

- ☐ Sogenannte Stener-Läsionen sollten aufgrund des guten Heilungspotenzials konservativ therapiert werden.
- ☐ Falls nach operativer Refixation einer intratendinösen Ruptur eine Restlaxität verbleibt, sollte die Augmentation mittels Sehnentransplantat bedacht werden.
- ☐ In der akuten Situation sollte eine Reparatur der geschädigten Strukturen nicht durchgeführt werden.
- ☐ In chronischen Fällen erfolgt die direkte Refixation mittels Nahtankern.
- ☐ Ein operatives Vorgehen ist bereits bei eingradiger isolierter Valgusinstabilität indiziert.

? Welches intraoperative Vorgehen ist zum Beweis/Ausschluss einer „Rampenläsion“ indiziert?

- ☐ Eine konventionelle Röntgenkontrolle
- ☐ Eine mediale Arthrotomie
- ☐ Eine arthroskopische Visualisierung der dorsomedialen Kapselregion mittels Gilchrist-View
- ☐ Eine exakte Visualisierung ist erst nach subtotaler Meniskusektomie möglich
- ☐ Eine arthroskopische Visualisierung unter Anlage eines tiefen anteromedialen Portals



Online auf alle CME-Fortbildungskurse von SpringerMedizin.de zugreifen

Gestalten Sie Ihre Fortbildung nach Ihren Bedürfnissen: e.Med Interdisziplinär – das Kombi-Abo von SpringerMedizin.de – bietet Ihnen Online-Zugang zu über 500 CME-Fortbildungskursen aller Fachrichtungen. Sie alleine entscheiden, welche Kurse Sie für Ihre Fortbildung nutzen möchten.

e.Med Interdisziplinär bietet Ihnen viele Vorteile:

- Stellen Sie Ihre individuelle Fortbildung einfach und komfortabel selbst zusammen.
- Sie können Ihren Lernerfolg jederzeit messen und in Form von CME-Punkten und Teilnahmebescheinigungen dokumentieren.
- Jeden Monat kommen rund 50 neue CME-Kurse aus den Fachzeitschriften von Springer Medizin hinzu.
- Unser Service für Sie: Nach erfolgreicher Teilnahme werden die CME-Punkte automatisch an die Bundesärztekammer übermittelt.
- Auf Wunsch erhalten Sie mit e.Med Interdisziplinär darüber hinaus eine gedruckte Fachzeitschrift Ihrer Wahl.

Mit den fachspezifischen e.Med-Abos können Sie sich effizient innerhalb Ihres Fachgebietes auf dem Laufenden halten. Das Angebot reicht von AINS bis Radiologie – Sie haben die Wahl!

Testen Sie e.Med kostenlos und unverbindlich!

Jetzt informieren unter

www.springermedizin.de → „Abo-Shop“



oder telefonisch unter 0800-77 80 777
(Montag bis Freitag, 10 bis 17 Uhr)