

6.4 Was gibt es Neues bei Kreuzbandrupturen?

C. KÖSTERS, S. METZLAFF

1 Einleitung

Das vordere Kreuzband ist wahrscheinlich das wissenschaftlich am intensivsten untersuchte Band des menschlichen Körpers. Die Schlagwortsuche „acl“ in Pubmed erbringt alleine für das Jahr 2020 3 157 Publikationen, die sich mit dem vorderen Kreuzband (VKB) beschäftigen. Entsprechend dieses wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns entwickeln und verändern sich die Behandlungskonzepte für vordere Kreuzbandrupturen, chronische Kreuzband-Insuffizienzen und deren Begleitverletzungen sehr dynamisch. Neben neuen Therapieverfahren zum primären Erhalt des VKB und innovativen Ideen für einen möglichst anatomischen Kreuzbandersatz, liegt der Fokus der Wissenschaft derzeit v. a. auf den Begleitverletzungen, wie peripheren Instabilitäten, Meniskus- und Knorpelverletzungen, aber auch auf pathologischen Morphologien, wie ein erhöhter oder erniedrigter tibialer Slope. Auch im Bereich des Infekt-Managements nach Kreuzbandplastik bzw. der Infektprophylaxe gab es in den letzten Jahren neue Therapieansätze.

Grundsätzlich wird die Therapie von VKB-Rupturen heute nicht mehr wie früher isoliert betrachtet, sondern es wird ein patientenindividuelles Therapiekonzept unter Berücksichtigung von Begleitverletzungen und vorbestehenden Pathologien erarbeitet. Im Folgenden sollen die wichtigsten in klinischer Anwendung befindlichen Innovationen und die jüngsten wissenschaftlichen Erkenntnisse in der Versorgung von VKB-Rupturen dargestellt werden.

2 Kreuzbandrupturen und periphere Instabilitäten

In den letzten Jahren konnte nachgewiesen werden, dass vordere Kreuzbandrupturen in den wenigsten Fällen isoliert auftreten, sondern dass häufig neben den bekannten Begleit-Pathologien wie Meniskus-, Knorpel- und Kollateralbandverletzungen auch weitere extraartikuläre oder „periphere“ Strukturen mitbetroffen sind [1]. Im Zuge der Entdeckung oder besser Neuentdeckung des sog. anterolateralen Ligamentes (ALL) fokussierte sich die Forschung auf diese und weitere „periphere“ Strukturen. In biomechanischen Arbeiten konnte gezeigt werden, dass VKB-Rupturen mit Verletzungen von peripheren Strukturen zu einer entsprechenden Rotationsinstabilität führen. Je nach Lokalisierung der Verletzung werden anterolaterale, anteromediale (Kombination in der Regel mit VKB-Ruptur) und posterolaterale und posteromediale (Kombination in der Regel mit hinteren Kreuzbandrupturen (HKB)) Rotationsinstabilitäten unterschieden.

Im Folgenden sollen aktuelle Forschungsergebnisse für die anterolaterale und anteromediale Rotationsinstabilität bei VKB-Rupturen dargestellt werden.

2.1 Anterolaterale Rotationsinstabilität

Die häufigste Rotationsinstabilität nach VKB-Ruptur ist die anterolaterale Rotationsinstabilität. Die exakte Ursache bzw. Pathogenese wird nach der „Wiederentdeckung“ des sog. anterolateralen Ligamentes (ALL) durch Claes im Jahr 2013 in der

Literatur weiterhin kontrovers diskutiert. In einer sog. Cutting-Studie an humanen Kniepräparaten konnten Lagae et al. [18] zeigen, dass eine isolierte Durchtrennung der tiefen Fasern des Tractus iliotibialis (Kaplan-Fasern) zu einer erhöhten internen tibialen Rotation führt, während nach alleiniger Durchtrennung des ALL dies nicht resultierte. Weiterhin konnte eine isolierte VKB-Rekonstruktion die natürliche Rotationsstabilität des Kniegelenkes im Gegensatz zur VKB-Rekonstruktion in Kombination mit einer extra-artikulären anterolateralen Stabilisierung nicht wiederherstellen. Diese Resultate unterstützen den internationalen Konsens, dass das ALL bzw. der anterolaterale Kapselkomplex nur einen sekundären stabilisierenden Effekt hat, hingegen der Tractus iliotibialis und seine tiefen Faserstrukturen die passiven Hauptantagonisten gegen tibiale Innenrotation sind.

Im Hinblick auf die klinischen Ergebnisse nach kombinierter VKB- und anterolateraler Rekonstruktion liegen derzeit nur Kurzeitergebnisse vor. In einer aktuellen prospektiv-randomisierten Studie, welche isolierte VKB-Rekonstruktionen und kombinierte VKB- und anterolaterale Rekonstruktionen verglichen hat, zeigten die Outcome-Parameter (u. a. IKDC, Tegner, Lysholm, KOOS, anteriore tibiale Translation (ATT) im Rolimeter) nach 12 Monaten keine signifikanten Unterschiede. Des Weiteren wurden für das kombinierte Verfahren in dieser Studie keine erhöhten Komplikationsraten gefunden [24]. Jedoch bleibt abzuwarten, ob im Langzeit-Follow-up die heutigen „anatomischen“ anterolateralen Rekonstruktionen niedrigere Arthrose-Raten aufweisen werden als die „nicht anatomischen“ Techniken aus den 1990er-Jahren [11].

Außerdem ist zurzeit noch unklar, ob die additive anterolaterale Stabilisierung auch im klinischen Outcome in der Lage ist die Revisionsraten nach primärer VKB-Ruptur und nach VKB-Revisionsrekonstruktion langfristig zu senken.

2.2 Anteromediale Rotationsinstabilität

Die anteromediale Rotationsinstabilität wird durch eine Ruptur bzw. Insuffizienz des medialen und posteromedialen Bandkomplexes verursacht [10].

Als Folge der medialen/posteromedialen Insuffizienz kommt es zu einer pathologisch erhöhten Außenrotation des Tibiakopfes. Für lange Zeit schien der mediale Kollateralbandkomplex in der Forschung zu VKB-Rupturen kaum Beachtung zu finden, obwohl es das am häufigsten verletzte Kniegelenk darstellt. Vermutlich aufgrund des hohen Heilungspotenzials bei konservativer Therapie wurde wenig Notwendigkeit für weiterführende Untersuchungen gesehen [30]. Dieses Bild hat sich besonders in den letzten beiden Jahren deutlich geändert. Anatomische, radiologische und biomechanische Studien wurden durchgeführt, um die komplexe Struktur und Wirkweise des medialen Kollateralbandkomplexes besser zu verstehen [3, 4, 31]. Nach anatomischer und radiologischer Definierung der Ansatzpunkte des oberflächlichen medialen kollateralen Ligamentes (sMCL), des tiefen medialen kollateralen Ligamentes (dMCL) und des posterioren obliquen Ligamentes (POL) konnte in einer sog. Cutting-Studie gezeigt werden, dass die Strukturen des medialen Kollateralbandkomplexes unterschiedlich auf verschiedene Beugegrade, Rotation und Belastungen reagieren. So spannen sich beispielsweise die anterioren sMCL-Fasern aufgrund ihres femoralen Ansatzes anterior des Epicondylus medialis in Beugung an, während sich die posterioren sMCL-Fasern in Beugung entspannen und sich bei interner Rotation anspannen. Das dMCL dagegen ist der wichtigste Stabilisator gegen externe Rotation in Extension des Kniegelenkes. In einer weiteren biomechanischen Studie konnten Wierer et al. zeigen, dass das sMCL der wichtigste Hemmer von anteromedialer Rotationsinstabilität, also sowohl von externer Rotation, anteromedialer Rotation und Valgusrotation, ist [29].

Die aus diesen biomechanischen Erkenntnissen abgeleitete Vermutung, dass eine chronische anteromediale Rotationsinstabilität zum Versagen von isolierten VKB-Rekonstruktionen führen kann, kann-

te in einer aktuellen retrospektiven klinischen Arbeit von Alm et al. bestätigt werden. Es zeigte sich, dass Patienten mit einer präoperativ bestehenden medialen Instabilität ein 17-fach erhöhtes Risiko für das Versagen einer isolierten VKB-Revisionsrekonstruktion hatten [2]. Durch eine mediale Stabilisierung oder eine anterolaterale extraartikuläre Tenodese konnte das Versagensrisiko deutlich gesenkt werden. Auch aktuelle Daten aus dem schwedischen Kniegelenk-Register belegen ein erhöhtes Risiko für eine VKB-Revision für VKB-Rekonstruktionen mit konservativer Therapie von begleitenden medialen Kollateralbandverletzungen [27].

Fazit

VKB-Rupturen sind häufig mit Verletzungen der anterolateralen oder medialen Bandstrukturen vergesellschaftet, die zu einer anteromedialen oder anterolateralen Rotationsinstabilität führen, welche in vielen Fällen zum Versagen von isolierten VKB-Rekonstruktionen führen. Aus diesem Grund ist bei allen VKB-Rupturen eine differenzierte Diagnostik zum Erkennen dieser Begleitverletzungen notwendig, um ggf. mit additiven operativen Maßnahmen das Risiko für eine VKB-Rezidivinstabilität zu minimieren.

3 Primärer Kreuzbänderhalt

Seit gut 10 Jahren steht der primäre Kreuzbänderhalt nach frischer Ruptur wieder vermehrt im Fokus der Wissenschaft. Mit der Entwicklung der sog. dynamischen intraligamentären Stabilisierung (DIS) durch Eggli und Kohl erlebten auch weitere primäre Kreuzband-Nahttechniken eine Renaissance. Derzeit werden rigide Fixierungsformen wie die VKB-Refixation mit Knochenankern und das sog. Internal Bracing von der einzigen dynamischen Fixierungstechnik (DIS) unterschieden. Die DIS stellt vermutlich die am besten wissenschaftlich untersuchte primär kreuzbänderhaltende Technik dar [14]. In der aktuellsten prospektiv-randomisierten Studie zum Vergleich der DIS mit der VKB-Rekonstruktion mittels Semitendinosussehne konnten für die DIS gleichwertige klinische Ergebnisse in der Versorgung von

akuten proximalen VKB-Rupturen gezeigt werden [17]. Nach 2 Jahren Follow-up war es in beiden Gruppen zu 4 Rerupturen gekommen, welche im Falle der DIS jeweils einzeitig mittels ipsilateraler Semitendinosussehne revidiert werden konnten (Abb. 1), während 3 der 4 Rerupturen nach Semitendinosusplastik eine zweizeitige Revision mittels kontralateraler Semitendinosussehne oder ipsilateraler Quadrizepssehne erforderten.

An aktuellen Untersuchungen zu rigiden Fixationsformen bei akuter proximaler VKB-Ruptur liegen lediglich retrospektive Studien, prospektive Fallserien und Case Reports vor [16, 23], welche durchweg gute klinische Ergebnisse bei Rerupturraten zwischen 3 und 10,7 % berichten. Ein Vergleich der DIS mit den rigiden Fixationstechniken im Rahmen von prospektiv-randomisierten Studien wurde bisher noch nicht veröffentlicht. Aus Sicht der Autoren ist somit im Falle der Möglichkeit des primären Kreuzbänderhaltes die opera-

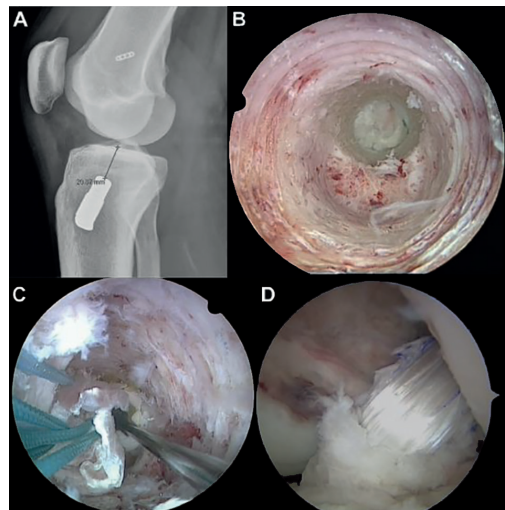


Abb. 1: Einzeitige Revision bei Rezidivinstabilität nach dynamischer intraligamentärer Stabilisierung
A: Die präoperative Röntgenaufnahme zeigt eine Distanz von ca. 20 mm vom Monobloc zur Gelenklinie
B: anterior liegender tibialer Bohrkanal nach Entfernung des Monobloc
C: Interferenzschraubenfixierung des Transplantates im neu angelegten 2 cm Bohrkanal
D: intraartikuläres Transplantat mit VKB-Remnants

tive Versorgung mittels DIS aufgrund ihrer hohen wissenschaftlichen Evidenz zu präferieren.

Im Bereich der Grundlagenforschung zum primären Kreuzbänderhalt werden zurzeit neue Verfahren zur sog. Bioaugmentation aus dem Tissue Engineering entwickelt und teilweise schon klinisch erprobt [20]. Die Arbeitsgruppe um Martha Murray aus Boston entwickelte das sog. BEAR-Verfahren (Bridge-Enhanced ACL Repair) bei dem eine Nahtrefixation mit einem mit autologem Vollblut-geimpften Kollagen-Scaffold kombiniert wird, um möglicherweise entstehende Hohlräume zwischen den refixierten Bandstümpfen bei intraligamentären VKB-Rupturen biologisch zu überbrücken. Eine prospektiv-randomisierte Studie zum Vergleich des BEAR-Verfahrens mit der herkömmlichen VKB-Rekonstruktion mit Semitendinosussehne zeigte vergleichbare klinische Ergebnisse. Allerdings musste bei 9 von 64 Patienten (14 %) aus der BEAR-Gruppe im Verlauf eine Konversion zur VKB-Rekonstruktion durchgeführt werden [22]. Darüber hinaus verfolgen andere Arbeitsgruppen weitere vielversprechende Möglichkeiten der biologischen Augmentation mit Platelet Rich Plasma (PRP), Wachstumsfaktoren oder Stammzellen [20]. Für diese Verfahren liegen jedoch noch keine Daten für klinische Ergebnisse aus Studien mit ausreichender Evidenz vor.

Fazit

- Der primäre Kreuzbänderhalt bei akuten proximalen VKB-Rupturen mittels dynamischer intraligamentärer Stabilisierung hat bei richtiger Indikationsstellung vergleichbar gute Ergebnisse wie die Rekonstruktion des VKB mit autologer Sehnenplastik mit dem Vorteil des Erhalts des Kreuzbandes und fehlender Sehnenentnahmemorbidity. Aufgrund der hohen wissenschaftlichen Evidenz zu Gunsten der DIS sollte diese gegenüber rigiden Fixationstechniken derzeit präferiert werden.
- Biologische Augmentationen mit Scaffolds, PRP, Wachstumsfaktoren oder Stammzellen werden derzeit erforscht und teilweise schon im klinischen Alltag eingesetzt. Hier müssen prospektiv-randomisierte Studien im klinischen Langzeit-Follow-up zeigen, ob sich der erhoffte Effekt bestätigen wird.

4 Kreuzbandrupturen und erhöhter posteriorer tibialer Slope

Die Behandlung von posttraumatischen Gonarthrosen in Kombination mit chronischen VKB- oder HKB-Insuffizienzen mittels Korrektur des posterioren tibialen Slope hat sich seit vielen Jahren etabliert. Überraschenderweise rückte die Untersuchung von Pathomorphologien wie einem erhöhten tibialen Slope als prädisponierender Faktor für das Auftreten von Kreuzbandrupturen und -rezidivrupturen erst in den letzten Jahren in den Focus der Wissenschaft. Neben weiteren Faktoren wie Notch-Stenose, reduzierte Eminenzintercondylaris-Größe und posteriorem Femurcondylen-Offset wird dem erhöhten tibialen Slope die wichtigste Bedeutung für das Auftreten von VKB-Rupturen und VKB-Rezidivinstabilitäten nach VKB-Rekonstruktion beigemessen [34] (*Abb. 2a und b*). In biomechanischen Testungen von extendierenden Slope-Korrekturosteotomien in VKB-insuffizienten und VKB-rekonstruierten Kniegelenken zeigten sich jeweils signifikant geringere Krafteinwirkungen auf die Transplantate und eine reduzierte anteriore tibiale Translation (ATT) [15].

Eine aktuelle Arbeit von Yoon et al. [33] konnte retrospektiv herausarbeiten, dass VKB-Rekonstruktionen mit Hamstring-Sehnen im Langzeit-Follow-up von minimal 10 Jahren schon bei einem medialen posterioren tibialen Slope von mehr als $5,6^\circ$ und lateralen Slope von mehr als $3,8^\circ$ eine deutlich erhöhte Versagensrate aufwies. In einer weiteren retrospektiven Analyse wiesen Patienten mit einer Rezidivinstabilität nach VKB-Rekonstruktion im Vergleich zur Kontrollgruppe durchweg einen erhöhten posterioren tibialen Slope von durchschnittlich 17° auf [23].

Trotz dieser Ergebnisse findet die Korrektur des posterioren tibialen Slope mittels Osteotomie derzeit im klinischen Alltag noch nicht verbreitet Anwendung. Gerade bei primären VKB-Rekonstruktionen erscheint eine additive Osteotomie aufgrund der nicht zu unterschätzenden Risiken und der Größe des Eingriffes schwer vermittelbar.

Fazit

- Ein erhöhter posteriorer tibialer Slope stellt einen eindeutigen Risikofaktor für das Auftreten einer VKB-Ruptur oder das Versagen einer VKB-Plastik dar.
- Eine extendierende Slope-Korrekturosteotomie an der proximalen Tibia ist eine effektive Behandlungsmethode zur Reduzierung des VKB-Rezidivinstabilitätsrisikos.
- Aufgrund des zusätzlichen Operationstraumas und der anspruchsvollen Operationstechnik werden diese Korrekturosteotomien v. a. in Fällen von wiederholten Revisionsrekonstruktionen des VKB additiv eingesetzt.

5 Kreuzbandrupturen – neue Operationsverfahren

Nachdem in den Anfangsjahren der arthroskopischen Kreuzbandchirurgie nicht-anatomische Kreuzbandplastiken wie die transtibiale Technik zum Standardverfahren wurden, entwickelte man in den folgenden Jahrzehnten neue Techniken für die vordere Kreuzbandplastik mit dem Bestreben, eine möglichst anatomische Wiederherstellung des VKB zu erzielen. Anatomische Grundlagenforschung führte zu einem genaueren Verständnis des exakten Aufbaus und der Insertionsstellen des VKB an distalem Femur und Tibiakopf. Des Weiteren



Abb. 2a und b: Erhöhter posteriorer tibialer Slope von ca. 15° bei einer Patientin mit Re-Re-Rezidivinstabilität des VKB. Reduktion des Slope auf ca. 4° mittels extendierender Slope-Korrekturosteotomie

konnten auch dank technischer Innovationen im Bereich der Instrumentenherstellung und der Materialentwicklung neue Techniken für die anatomische Kreuzbandplastik und den vollständigen oder partiellen Kreuzbänderhalt entwickelt werden.

Die sog. Ribbon-Like-Graft-Technik versucht, die flache und helixartig gewundene Morphologie des VKB zu imitieren [8]. Hierbei sollen auch der femorale VKB-Ursprung in Form eines schmalen rechteckigen Tunnels und der C-förmige tibiale Ansatz der natürlichen Anatomie nahe kommen. Diese Technik befindet sich mittlerweile in der klinischen Anwendung durch die Entwickler, klinische Daten liegen derzeit jedoch noch nicht vor.

Eine weitere innovative Technik ist die sog. Hybrid-Repair-Technik [19]. Diese für mid-substance VKB-Rupturen entwickelte Versorgung kombiniert eine Nahtrefixation mit einer Einzelbündelsehnenaugmentation und einer Augmentation mittels Internal Brace. Als wesentlichen Vorteil postulieren die Autoren, dass es durch die Sehnenaugmentation zu einer besseren Heilung der Kreuzbandstümpfe kommt. Auch für diese Technik konnten die Autoren bisher noch keine klinischen Daten zum klinischen Outcome liefern.

Fazit

- Innovative Techniken zum Kreuzbändersatz und -erhalt versuchen die Anatomie des VKB so natürlich wie möglich zu imitieren bzw. möglichst große Anteile des nativen VKB zu erhalten.
- Die Versorgungen haben teilweise schon Einzug in die klinische Anwendung gefunden, valide Daten zum klinischen Outcome zur Bestätigung der postulierten Vorteile dieser Verfahren stehen jedoch noch aus.

6 Die vordere Kreuzbandruptur und begleitende Knorpel- und Meniskus-schäden

Das vordere Kreuzband ist ein wichtiger Stabilisator des Kniegelenkes und wirkt insbesondere einer

anterioren Translation und Innenrotation der Tibia gegen das Femur entgegen.

Biomechanische Arbeiten konnten zeigen, dass chronische Instabilitäten infolge einer VKB-Ruptur zu Meniskus- und Knorpelverletzungen führen können. Das Risiko hierfür ist bereits 6 Monate nach VKB-Ruptur signifikant erhöht [21].

Die Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose ist maßgeblich von der Integrität des Innenmeniskus abhängig.

Insbesondere Wurzelverletzungen des Innen- und Außenmeniskus sowie die sogenannten „Ramp Lesions“ des Innenmeniskus standen in letzter Zeit im Focus verschiedener Studien.

6.1 Wurzelverletzungen des Innen- und Außenmeniskus

Die Menisken sind wichtige Strukturen des Kniegelenkes und sorgen durch eine Vergrößerung der Kontaktfläche für eine gleichmäßige Lastverteilung der auf die Knorpeloberflächen einwirkenden Kräfte. Sogenannte Meniskuswurzelverletzungen („root tears“) beschreiben Avulsionsverletzungen der tibialen Anheftung der Meniskuswurzeln oder Radiärrisse innerhalb eines Abstandes von bis zu 1 cm von der tibialen Insertion.

In einem 2018 veröffentlichten Artikel im British Journal of Sports Medicine bezeichneten Cinque et al. Meniskuswurzelverletzungen zutreffend als „Silent Epidemic“ [7]. Erst in den letzten 5–10 Jahren haben diese Verletzungen auch in der Wissenschaft zunehmend Beachtung gefunden.

Der axial einwirkende Druck auf das Kniegelenk kann im Meniskusgewebe in zirkuläre Ringspannung umgewandelt werden. Durch einen Verlust dieser Ringspannung sind Meniskuswurzelverletzungen biomechanisch mit einer totalen Menispektomie zu vergleichen.

Im Falle einer Verletzung der Meniskuswurzeln wird die dann resultierende radiale Extrusion unter Belastung als wichtigster Faktor für eine Überlastung des hyalinen Knorpels und somit die Arthroseentstehung angesehen.