

Jörg Jerosch<sup>1</sup>, Pia Weskamp<sup>1</sup>, Lars Victor von Engelhardt<sup>2,3</sup>

# MPFL-Insuffizienz und Trochleadysplasie sollten zusammen korrigiert werden

*MPFL-insufficiency and trochlea dysplasia should be corrected together*

**Zusammenfassung:** Bereits bei der Erstluxation der Patella kommt es in über 90 % zu Rupturen des medialen patellofemorales Ligaments (MPFL). Die Rekonstruktion des MPFL alleine bei einer vorliegenden Trochleadysplasie führt in der Hälfte der Fälle zu erneuten Luxationen und zu einem nicht zufriedenstellenden Ergebnis für den Patienten. Beim Vorliegen einer höhergradigen Trochleadysplasie sollte diese deshalb gleichzeitig adressiert werden. Wir führen seit 2010 bei vorliegender Trochleadysplasie und MPFL-Ruptur einen Kombinationseingriff durch. Unsere Technik und Ergebnisse werden im vorliegenden Artikel dargestellt.

**Schlüsselwörter:** Trochleadysplasie; mediales patellofemorales Ligament; patellofemorale Instabilität

## Zitierweise

Jerosch J, Weskamp P, von Engelhardt LV: MPFL-Insuffizienz und Trochleadysplasie sollten zusammen korrigiert werden. OUP 2018; 7: 556–568 DOI 10.3238/oup.2018.0556–0568

**Summary:** Following the first patellar dislocation, the medial patellofemoral ligament (MPFL) is torn in more than 90 % of the cases. However, an isolated MPFL reconstruction in the presence of a severe dysplasia of the trochlea leads to a recurrent patella dislocation in up to 46 % of the cases and to a relatively poor clinical outcome. Therefore, a severe dysplasia of the trochlea has to be addressed together with the MPFL reconstruction. Since 2010 we perform a combined procedure, if trochlear dysplasia and MPFL tear are present. We present our technique and results.

**Keywords:** trochlear dysplasia; medial patellofemoral ligament; patellofemoral instability

## Citation

Jerosch J, Weskamp P, von Engelhardt LV: MPFL-insufficiency and trochlea dysplasia should be corrected together. OUP 2018; 7: 556–568 DOI 10.3238/oup.2018.0556–0568

## Einleitung

Wie entscheidend Trochleadysplasie und Patellainstabilität zusammen gehören, zeigen bereits die frühen Arbeiten von Dejour et al. [10]; er zeigte bei Patienten mit wiederholten Luxationen, dass in bis zu 85 % Prozent einer Trochleadysplasie zu finden sind. Bei einem alleinigen MPFL-Re-Attachment, trotz zugrunde liegender Trochleadysplasie kommt es nach etwas mehr als 3 Jahren in 46 % der Fälle zu Rezidivluxationen [2]. Eine Metaanalyse mit mehr als über 25 Studien zum isolierten MPFL-Ersatz ergab, dass bei 32 % anhaltende Instabilitätsbeschwerden mit einem entsprechend positiven Apprehensionstest bestehen

[41], welche auf nicht adressierte Trochleadysplasien zurückzuführen waren. Daneben ist auch an die Gefahr fortschreitender degenerativer Gelenkschäden zu denken, da als Hauptursache femuropatellarer Arthrosen, die prothesenpflichtig werden, Trochleadysplasien anzusehen sind [21].

Die gebräuchlichste Einteilung der Trochleadysplasie geht auf Dejour et al. [10] zurück und unterteilt die Schweregrade in die Typen A–D, die auf transversalen MRT- oder CT-Schichten am besten darstellbar sind. Sie können auch auf einer streng seitlich eingestellten Röntgenaufnahme erkannt werden, auf welcher die dorsalen Anteile der medialen und lateralen Femurkondyle genau

übereinander liegen: als sog. Crossing Sign, als supratrochleärer Sporn und/oder als Doppelkontur.

Der Typ A ist in der Schnittbildgebung durch einen erhaltenen, aber abgeflachten Sulkuswinkel  $> 145^\circ$  und in der seitlichen Röntgenaufnahme durch ein Crossing Sign gekennzeichnet. Der Typ B zeigt eine flache oder beginnend konvexe Trochlea in der Schnittbildgebung und einen supratrochleären Sporn im Röntgen. Bei den Typen C und D besteht zusätzlich eine Asymmetrie und zunehmende Hypoplasie der medialen zur lateralen Trochleafacette. Beim Typ C besteht eine prominente Konvexität der lateralen Femurkondyle, die als Doppelkontur im Röntgen zu se-

<sup>1</sup> Abteilung für Orthopädie, Unfallchirurgie und Sportmedizin, Johanna-Etienne-Krankenhaus, Neuss

<sup>2</sup> Fakultät für Gesundheit, Private Universität Witten/Herdecke

<sup>3</sup> Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Sportmedizin, Katholisches Karl-Leisner Klinikum Kleve

hen ist. Beim Typ D zeigt sich neben der Doppelkontur ein supratrochleärer Sporn. An dieser Stelle bildet die vergleichsweise kräftige laterale Kondyle gegenüber dem medialen Anteil eine regelrechte Klippe aus (Abb. 1).

Weitere, im Rahmen der Patellainstabilität zu beurteilende Befunde sind die Höhe der Patella, z.B. mit dem Insall-Salvati-Index [20] sowie der TT-TG-Abstand (tibial tuberosity to trochlear groove) [39]. Zudem kann ein vergrößerter femoraler Antetorsionswinkel eine Lateralisation sowie einen Tilt der Patella bewirken und somit eine derotierende Osteotomie erforderlich machen [18]. Ähnlich kann eine vermehrte Tibiatio- sion eine Lateralisierung der Patella nach sich ziehen [54].

Die bei einer Instabilität der Patella meist an der femoralen Insertion zu beobachtenden MPFL- Rupturen [30] und insbesondere die wiederum recht häufigen Knorpelschäden sind im MRT vergleichsweise sicher diagnostizierbar [51]. Typisch sind die folgenden klinischen Untersuchungsbefunde:

- Wenn der sitzende Patient eine aktive Extension durchführt, zeigt sich in strecknahen Positionen ein superolaterales Herausgleiten der Patella aus dem knöchernen Sulcus (J-Sign).
- Der Einfluss der Trochleadysplasie an einer Instabilität der medialen Bandstrukturen lässt sich durch passive Lateralisation der Patella in verschiedenen Beugegraden am locker hängenden Bein im Seitenvergleich gut überprüfen. Die Patella sollte bei dieser Untersuchung zwischen 20° und 30° Flexion nicht mehr als die Hälfte ihrer Breite lateralisiert sein [43].
- Eine Muskelanspannung im Sinne einer Abwehrreaktion bezeichnet man als positiven Apprehensionstest.
- Zeigt sich eine vermehrte Lateralisation und ein positiver Apprehensionstest zwischen 30° und 60° Flexion, deutet dies auf eine zusätzliche Insuffizienz des knöchernen Gleitlagers und in seltenen Fällen auch auf einen Rotationsfehler hin.

Zusammen mit den bildgebenden Befunden einer schweren Dysplasie (Typ B bis D) deuten entsprechende klinische Befunde auf die Notwendigkeit einer knöchernen Containmentanpassung hin. Lippacher et al. [23] haben gezeigt, dass die Inter-Observer-Reliabilität bei der Klassifikation nach Dejour für die

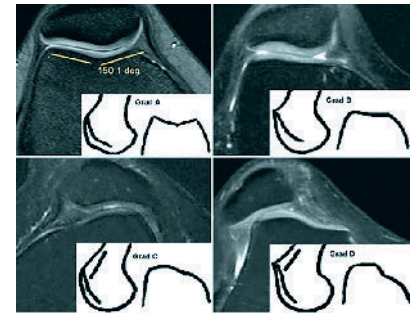
Diskriminierung zwischen gering- und hochgradigen Dysplasien ausgesprochen hoch ist. Deshalb reicht es im klinischen Alltag hinsichtlich der Schnittbildgebung bei der Entscheidungsfindung, nur zwischen einer leichten (Typ A) und einer schweren Dysplasie (Typ B bis D) zu diskriminieren.

Ein besonderes Problem stellen die Fälle mit höhergradigen Knorpelschäden des Retropatellargelenks beim jungen Patienten dar. Hier können durchaus alleinige Weichteilkorrekturen neben den Instabilitätsbeschwerden auch die retropatellaren Schmerzen verschlechtern und einen zusätzlichen Risikofaktor für fortschreitende degenerative Gelenkschäden darstellen. In solchen Fällen ist die Indikation zur Trochleoplastik sicherlich erschwert und bedarf einer besonderen Aufklärung. Dennoch haben wir auch in diesen Fällen gute klinische Erfahrungen sammeln können, sofern die Instabilitätsbeschwerden führend waren.

Wir führen seit 2010 konsequent bei vorliegender Trochleadysplasie und MPFL-Ruptur einen Kombinations- eingriff durch. Unsere Technik und Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

## Material und Methode

Patienten: Das Patientengut setzte sich aus 20 weiblichen und 10 männlichen



**Abbildung 1** Vier Typen der Trochleadysplasie

Patienten zusammen. Es wurden insgesamt 16 rechte und 17 linke Kniegelenke behandelt, wobei 3 Patienten beidseitig operiert wurden. Das durchschnittliche Alter der Patientengruppe lag am Operationstag bei 23,9 Jahren (Tab. 1). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurden die folgenden Parameter erhoben: Kujala-Score, Tegener-Activity-Scale, Lysholm-Score, IKDC-Score sowie ein subjektiver Patientenfragebogen.

OP Technik: Unsere Technik sowohl bei der Rekonstruktion des MPFL als auch bei der Trochleoplastik erfolgt implantatfrei [22, 48, 49, 50]. Der Hautschnitt erfolgt unter Berücksichtigung eventueller Folgeoperationen wie beispielsweise einem Retropatellarersatz als nach lateral hin geschwungene Inzision

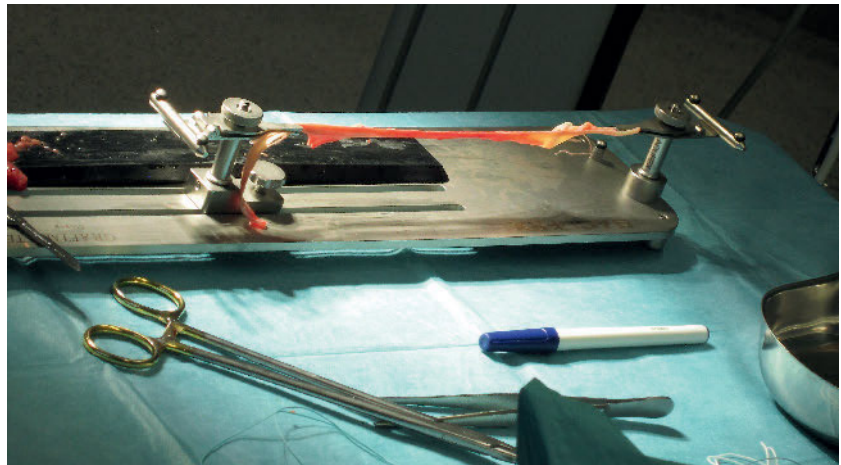
Übersicht der Patientendaten	
Anzahl Kniegelenke	33
Anzahl Patienten	30
Männlich	12
Weiblich	21
Durchschnittliches Alter bei OP in Jahren	23,9
Follow-up in Monaten	28,6
Luxationen vor OP	35,3
Reluxationen nach OP	0
Sportlich aktiv vor OP	25 (76 %) ja 8 (24 %) nein
Sportlich aktiv nach OP	26 (79 %) ja 7 (21 %) nein

**Tabelle 1** Übersicht der Patientendaten

über dem medialen Anteil der Kniescheibe. Neben diesem Hautschnitt über der Kniescheibe erfolgt zur Sehnenentnahme eine weitere Inzision über dem Pes anserinus. Die Gracilissehne wird gewonnen und entsprechend aufbereitet (Abb. 2). Die Transplantatlänge sollte 18 cm betragen. Je nach Größe des Kniegelenks kann dieser Wert variieren.

Nach der Gracilissehnen-Entnahme und Präparation der Sehne erfolgt die Darstellung der Trochlea über einen medialen parapatellaren Zugang, der nach oben in das mediale Drittel der Quadrizepssehne zieht. Ausgehend von der Knorpel-Knochen-Grenze wird eine Ablösung der osteochondralen Lamelle bis weit distal in die Trochlea mit einem Meißel durchgeführt (Abb. 3). Die Dicke des noch vorhandenen subchondralen Knochens sollte hier etwa bei 2 mm liegen. Um einen genügend flexiblen osteochondralen Lappen zu erhalten, ist anschließend eine Ausdünnung des subchondralen Knochens mit einer hochtourigen Diamantfräse nötig. Um den Knorpel hierbei nicht zu schädigen, erfolgt dies unter sanftem Anheben des Lappens unter Sicht von kranial (Abb. 4). Eine ständige Spülung soll ein Überhitzen der Fräse vermeiden.

Anschließend erfolgt die vertiefende Knochenabtragung, wobei der osteochondrale Lappen zur Einsicht wiederum ein wenig angehoben wird. Insbesondere in Fällen mit einem grenzwertigen oder auch geringfügig erweiterten TT-TG (15–20 mm) erfolgt die Abtragung in den distalen Abschnitten nach lateral hin, um die Gleitrinne ein wenig zu lateralisieren. Somit kann neben der Korrektur des lateralen Inklinationwinkels der Trochlea darüber hinaus auch eine pathologische TT-TG Distanz effektiv korrigiert werden. Hiermit erhoffen wir uns, das Gleiten und den Anpressdruck zu verbessern. Im nächsten Schritt erfolgt dann die Etablierung der Passagelöcher für das Vicrylband mit einem feinen Pfriem, mit dem später der osteochondrale Lappen in das neue Bett der Trochlea gedrückt wird (Abb. 5). Für die distale Passage durch den Knorpel ist es wichtig, ausreichend weit distal und lateral einzugehen, da der Verlauf des Bands später der neuen, leicht lateralisierten Gleitrinne entsprechen soll. Proximal erfolgt das Eingehen mit dem Pfriem proximal genau auf Höhe der Knorpel-Knochen-Grenze (Abb.



**Abbildung 2** Aufbereitung des Gracilistransplantats

6). Über eine ausreichend feste, große Ösennadel erfolgt anschließend die Passage beider Bandenden nach lateral. Anschließend erfolgt das Einpressen des flexiblen osteochondralen Lappens in den vertieften Knochen und die Fixierung in der Tiefe über den vorgelegten und an der Femuraußenseite straff verknöteten Vicrylfaden.

Zur MPFL-Plastik erfolgt zunächst die Darstellung der supermedialen Patellakante. Hier wird ein 2 cm langer, V-förmiger Knochenkanal gebohrt. Dabei wird einmal vom superomedialen Pol und einmal von der Mitte der medialen Facette möglichst vertikal aufeinander zu gebohrt (Abb. 7). Nach Einzug der Gracilissehne (Abb. 8) wird die Passage zwischen den beiden Kapselblättern zum femoralen Insertionspunkt präpariert.

Der femorale Insertionspunkt wird unter seitlicher Bildwandlerkontrolle unter deckungsgleich eingestellten posterioren Kondylen aufgesucht und mit einem Pfriem markiert und nach radiologischer Kontrolle mit einem K-Draht in den Insertionspunkt platziert. Dieser wird mit einem 6 mm kanülierten Bohrer überbohrt, sodass ein blind endender Knochenkanal entsteht. Es erfolgt die Passage von 2 divergierenden Ösendrähnen von medial nach lateral (Abb. 9).

Auch bei einer offenen Wachstumsfuge ist die Rekonstruktion des MPFL möglich [28]. Die femorale Insertion ist hierbei distal der femoralen Epiphyse lokalisiert.

Die beiden freien Enden des Gracilistransplantats werden zum anatomi-

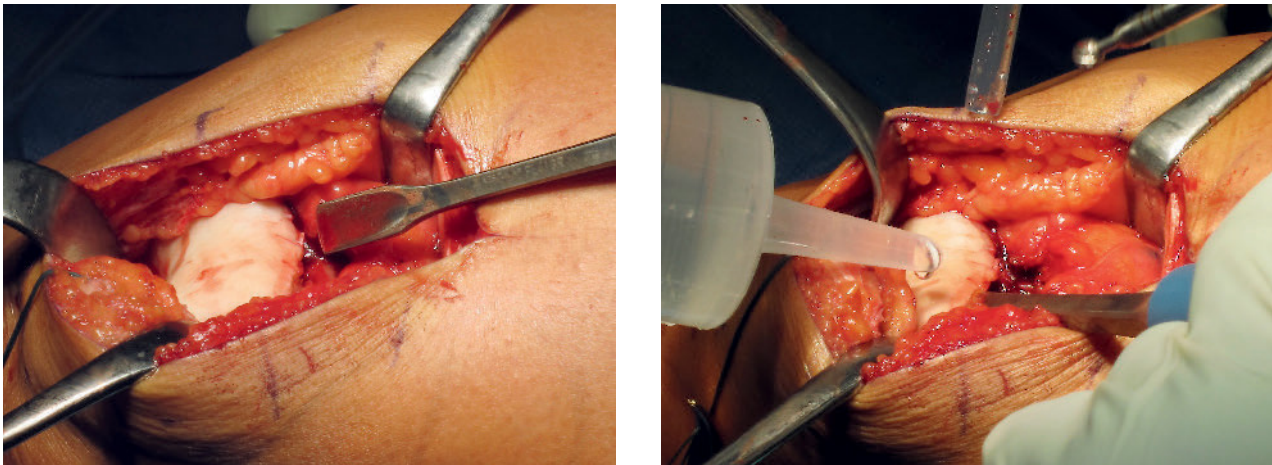
mischen medialen femoralen Insertionspunkt geführt und jeweils in die Fadenösen eingeführt (Abb. 10).

Durch Zug am lateralen Ende der Durchzugsdrähte werden die beiden Transplantatenden in den blinden Bohrkanaal eingeführt und im Weiteren die Armierungen durch den lateralen Femurkortex in das Blindloch eingezogen. Im letzten Schritt werden die Fadenpaare auf dem lateralen Kortex zusammengeführt und in 30° Flexionsstellung mit einem arthroskopischen Knotenschieber angezogen sowie einem Nadelhalter temporär fixiert. Hiermit kann das Gleiten der Patella in Funktion, der Quadrantentest und die Transplantatspannung in unterschiedlichen Beugegraden beurteilt und ggf. eingestellt werden (Abb. 11).

Abschließend erfolgt die dauerhafte Verknüpfung. Hierdurch gelingt unserer Meinung nach eine gut reproduzierbare, individuelle und einfache Alignmentanpassung mit der Möglichkeit, eine Überspannung mit vorderen Knieschmerzen oder gar Beugedefiziten zu vermeiden.

## Ergebnisse

79 % (26/33) der Patienten zeigten postoperativ kein Beugedefizit von mehr als 10° auf, 12 % (4/33) zeigten ein Defizit von weniger als 20° und 6 % (2/33) ein Defizit von weniger als 30° auf. Den geringsten Flexionsgrad wies ein Patient mit einem Defizit von 35° auf. Zwei Patienten wurden Monate nach der Opera-



**Abbildung 3a–b** Unterminieren der Trochlea mit einem Meißel

tion aufgrund eines höhergradigen Beugedefizits unter Narkose erfolgreich mobilisiert. Keiner der Patienten wies ein Streckdefizit von  $> 5^\circ$  auf. Insgesamt zeigten 30 von insgesamt 33 Kniegelenken keinerlei Defizite.

Bei keinem der Kniegelenke zeigte sich bei  $30^\circ$  oder  $60^\circ$  ein positiver Apprehension-Test, obwohl dieser vor der Operation bei allen Patienten positiv gewesen ist. Das Ergebnis deckt sich mit der postoperativen Subluxations- und Luxationsrate von 0 %. Dies beschreibt eine Stabilisierung des Retropatellargelenks. In der klinischen Untersuchung zeigte sich bei 85 % ( $n = 28$ ) keinerlei Druckschmerz am betroffenen Gelenk.

Die Auswertung des Kujala-Scores zeigt eine deutliche und signifikante Steigerung (Abb. 12). So stieg die präoperativ erreichte Punktzahl für den Median eine signifikante Besserung von einem präoperativen Wert von 65 auf einen Follow-up-Wert von 94. Im Wilcoxon-Test war der Punktanstieg im Kujala-Score statistisch hochsignifikant ( $p < 0,0001$ ).

Der TAS zeigt mit einem p-Wert von 0,233 keine statistische Signifikanz. Der präoperative Aktivitätsgrad von 5,4 konnte postoperativ nur auf einen Wert von 5,8 gesteigert werden (Abb. 13). Zu beachten ist, dass bei der Auswertung dieses Bogens ein Tätigkeitsmaximum von 10 Punkten der Ausübung von „Fußball oder Ski alpin auf dem Niveau von internationalen und nationalen Wettkämpfen“ entspricht. Der durchschnittlich erreichte Wert von 5–6

Punkten hingegen spiegelt ein weniger hohes Alltags- und Sportniveau wieder (z.B. Joggen, Badminton, Tennis oder Inline-Skaten, sowie körperlich schwere Arbeit). Der sehr geringe Anteil der Leistungssportler innerhalb der Patientengruppe ist ein möglicher Grund für das entsprechend durchschnittlich ausfallende Ergebnis des TAS.

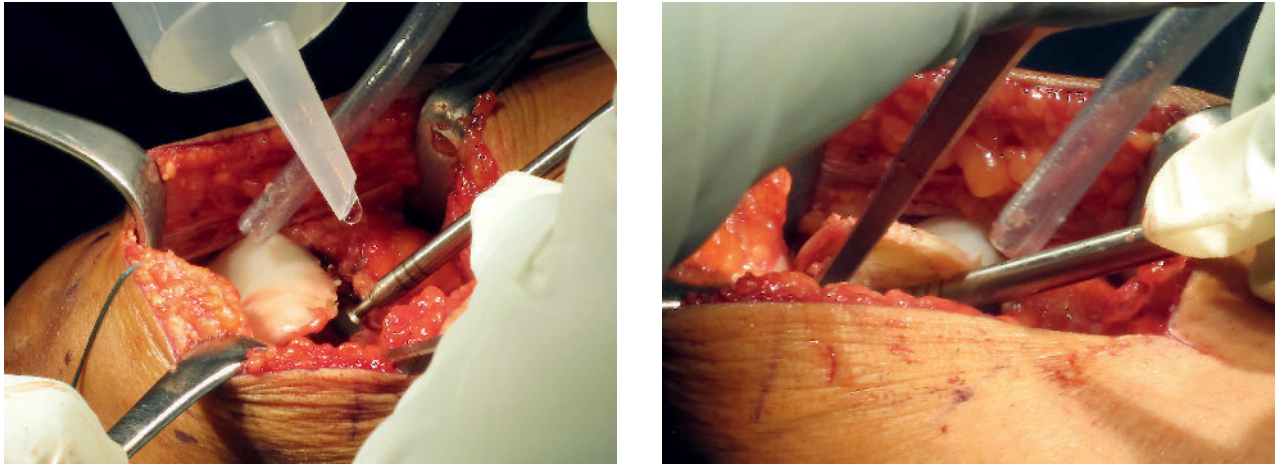
Ähnlich dem Kujala-Score ist auch im Lysholm-Score ein signifikanter Anstieg der postoperativen Punktzahlen zu erkennen. Das präoperative Scoring zeigte bei allen Patienten vergleichsweise schlechte Ergebnisse. So erzielte nur ein Patient präoperativ ein gutes (84–94 Punkte) und keiner ein exzellentes Ergebnis (95–100 Punkte). Die postoperativen Ergebnisse zeigten mit einer Steigerung von 94 Punkten (Range 81–100) ein durchweg erfreuliches Ergebnis. So konnte bei 19 Patienten eine Steigerung auf exzellente und bei 11 Patienten auf gute Punktwerte erzielt werden. Drei Patienten erzielten ein zufriedenstellendes Ergebnis (65–83 Punkte). Die Unterschiede zwischen den prä- und postoperativen Ergebnissen sind mit einem Signifikanzniveau von  $p < 0,0001$  statistisch hochsignifikant. Abbildung 14 und 15 zeigen die Ergebnisse des Lysholm-Scores im direkten prä- und postoperativen Vergleich.

Die Erhebung der prä- und postoperativen funktionellen Fähigkeiten und der Belastbarkeit des Kniegelenks erfolgte mittels IKDC-Score. In der präoperativen Auswertung betrug der Mittelwert des Gesamtergebnisses 58

Punkte (Range 37–80), während postoperativ ein durchschnittlicher Wert von 85 Punkten (Range 45–100) erreicht werden konnte. Folglich konnte in der sportlichen Aktivität eine 47 %ige Besserung verzeichnet werden. Dieser Anstieg im IKDC-Score ist statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ) (Abb. 16).

Eine Frage des IKDC ist an dieser Stelle hervorzuheben. Diese befasst sich mit der durch den Patienten geschätzten Funktionsfähigkeit des Kniegelenks vor und nach der Operation. Hierbei entsprechen 100 % einer vollen Funktionsfähigkeit und Einsetzbarkeit des Kniegelenks und demnach 0 % einer maximalen Funktionslosigkeit des Gelenks. In unserem Patientenkollektiv betrug der präoperative Mittelwert 54 %. Postoperativ war die Funktionalität auf 87 % gesteigert worden (Abb. 17). Der Wilcoxon-Test belegt, dass der Anstieg statistisch hochsignifikant ist ( $p < 0,0001$ ).

Untersucht wurde weiterhin die Einschätzung der Patienten zu Schonhaltungen, aktives Hineingehen in typische Luxationssituationen und die Belastung des betroffenen Gelenks. Vor der Operation schätzen die Patienten eine erfolgreiche Bewältigung von bisherigen Luxationssituationen auf durchschnittlich 4 Punkte. Postoperativ steigerte sich dieser Wert auf 7 von maximal 10 Punkten. Zwei Patienten aus unserem Kollektiv berichteten weiterhin von einem Vermeidungsverhalten hinsichtlich besonderer Belastungssituationen des Kniegelenks. Von beiden Pa-



**Abbildung 4a–b** Ausdünnen des retropatellaren Knorpels mit der hochnagigen Fräse, bis der retropatellare Gelenknorpel ausreichend flexibel ist.

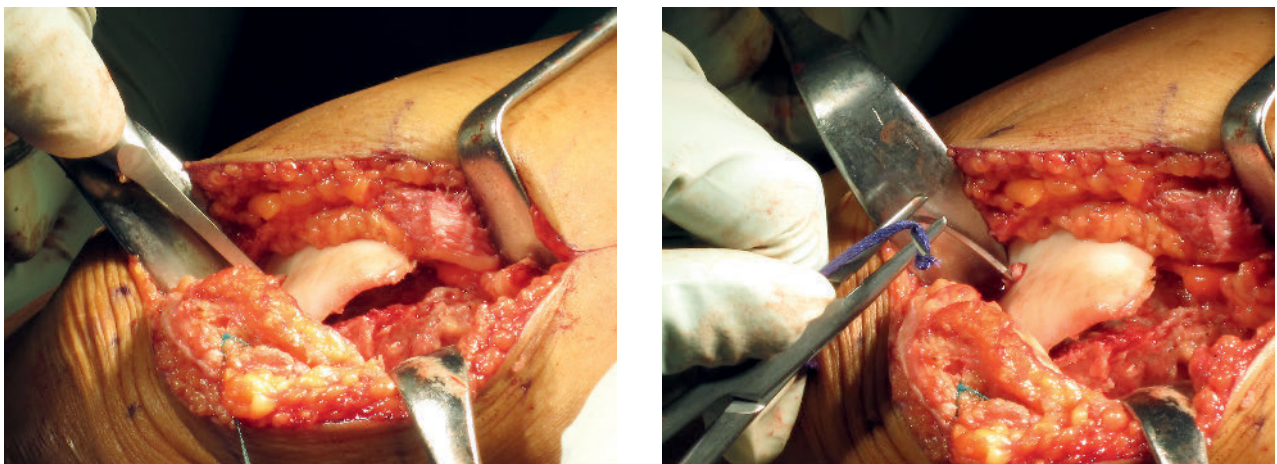
tienten wurde bemerkt, dass sie nach Ihrer Einschätzung Belastungssituationen erfolgreich bewältigen könnten, aber das Vermeidungsverhalten psychologisch begründet und somit noch nicht ausgeräumt sei. Alle anderen Patienten zeigten kein Vermeidungsverhalten von typischen Luxationssituationen (Abb. 18).

Auch die angstfreie Ausbelastung des Kniegelenks konnte von präoperativ durchschnittlichen 5 Punkten um 87 % verbessert werden. Nach der Operation schätzen die Patienten die angstfreie Ausbelastung ihres Kniegelenks auf durchschnittliche 9 von 10 Punkten. Kein Patient gab in der Befragung an, auf eine Gehhilfe, beispielsweise Unterarmgehstützen oder einen Stock angewiesen zu sein. Präoperativ schätzen die

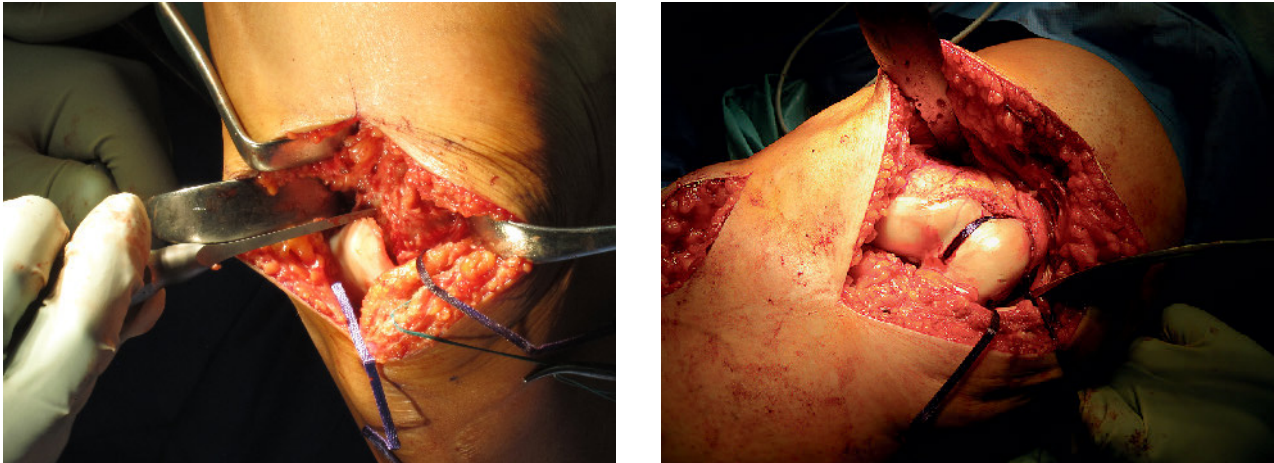
Patienten das Ausbleiben möglicher Schonhaltungen durchschnittlich auf 5 und postoperativ auf 8 von maximal 10 Punkten. Interessanterweise haben 5 Patienten eingeräumt, dass sie unbewusst einige Schonhaltungen beibehalten hätten. Auch hier zeigt sich der psychologische Aspekt bei Patienten mit einer Patellainstabilität. Somit scheint ein Verlernen der gewohnten Schonhaltungen, trotz der erfolgreichen Stabilisierung nicht selbstverständlich. Dennoch zeigen diese 3 Parameter die alltägliche Relevanz des Operationsergebnisses für den Patienten. Die Steigerung der Lebensqualität spiegelt sich in der Verbesserung aller 3 untersuchten Parameter wieder.

Die Inhomogenität des Patientenkollektivs zeichnet sich in der Beant-

wortung der Frage nach sportlicher Aktivität ab. So fiel die Bewertung der Frage für den Zeitraum vor der Operation als auch nach der Operation recht variabel aus. Einige Patienten bezeichneten sich zu keiner Zeit als Sportler, während andere wiederum im Leistungssportbereich aktiv und erfolgreich waren. In unserer Befragung entsprachen 0 Punkte keinerlei sportlicher Aktivität und 10 Punkte dem Leistungssport mit Ausbelastung. Die präoperative generelle sportliche Aktivität beträgt in der Selbsteinschätzung durchschnittlich 6,5 Punkte von möglichen 10 Punkten (= sehr aktiv). Postoperativ steigerte sich dieser Mittelwert auf 8,4 Punkte. Hieraus ergibt sich im Wilcoxon Test eine Signifikanz von  $p < 0,001$ .



**Abbildung 5a–b** Distales Eintrittsloch des Vicrylbands



**Abbildung 6a–b** Etablierung des proximalen Lochs mit dem Pfriem und eingezogenes Vicrylband

Eine weitere Frage zu diesem Thema erfasste die Einschränkung sportlicher Aktivitäten durch das betroffene Kniegelenk (Abb. 19). Das Maximum von 10 entspricht hierbei keinerlei subjektiven Einschränkungen. Der präoperative Wert von 5,1 stieg hierbei postoperativ auf 7,9 Punkte. Dies stützt das Ergebnis einer uneingeschränkten sportlichen Aktivitätssteigerung.

Gesondert wurde auf die Ausübung besonders kniebelastender Sportarten eingegangen, wie Ski fahren, Fußball und Tennis, etc. Auch bei dieser Frage entspricht der maximale Wert von 10 einer problemlosen Ausübung der Sportart. Der präoperative Wert erreichte eine Steigerung auf 7,6 Punkte (Abb. 20). Einige Patienten gaben in der Befragung an, dass sie trotz empfundener Kniesta-

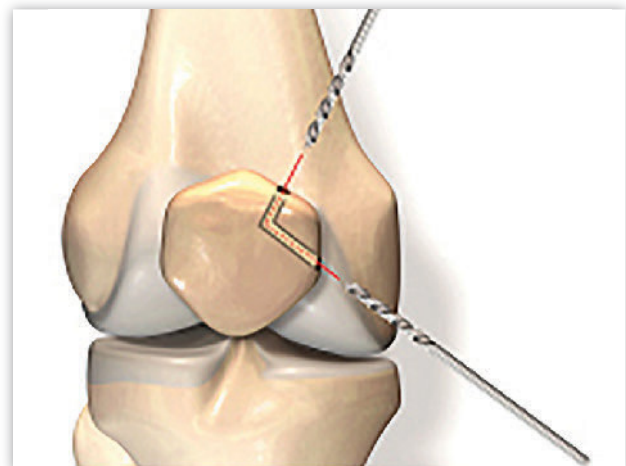
bilität kein Interesse verspürten einen kniebelastenden Sport wie Tennis oder Fußball auszuüben. Zwei weitere Patienten erklärten, dass sie in einem Fall das Operationsergebnis nicht gefährden möchten und im anderen Fall wiederum das erlernte Vermeidungsverhalten nicht aufgeben konnten. Grund hierfür sei die präoperativ erlernte Angst vor einer möglichen Luxation.

In Anlehnung an allgemein verwendete Schmerzskalen wurde der vordere Knieschmerz vor und nach der Operation untersucht.

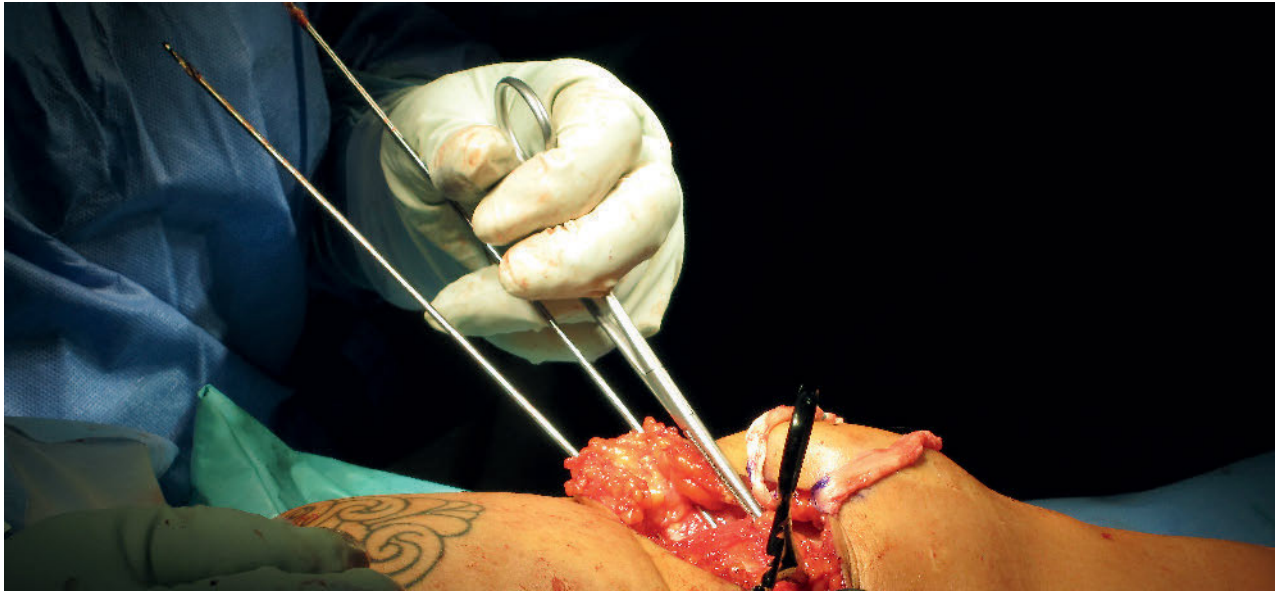
Die präoperativen Werte des vorderen Knieschmerzes zeigen eine deutliche Variabilität zwischen den Patienten. So sind präoperativ alle Werte zwischen 0 und 10 vertreten. Der präoperative Mittelwert lag bei 5 Punkten. Postoperativ lässt sich eine

deutliche Reduktion der vorderen Knieschmerzen auf einen durchschnittlichen Wert von 1 feststellen (Abb. 21). Eine solche Schmerzreduktion weist natürlich auf eine nicht unerhebliche Steigerung der Lebensqualität hin.

76 % (n = 25) der Patienten waren bereits vor der Operation sportlich aktiv, während 24 % (n = 8) jeglichen Sport verneinten. Bis auf 2 Patienten kehrten alle aus der präoperativ sportlich aktiven Gruppe wieder zurück in ihren jeweiligen Sport. Hier waren die angegebenen Gründe in einem Fall die subjektiv als zu hoch eingeschätzte Kniebelastung. In dem anderen Fall folgte kurzer Zeit nach der Genesung des Patienten eine Operation am Kniegelenk der Gegenseite. Von den 8 Patienten, die präoperativ sportlich



**Abbildung 7a–b** Anlegen des patellaren V-förmigen Bohrlochs für das MPFL



**Abbildung 8** In die Patella eingezogenes MPFL-Transplantat und Präparation der Schicht für das MPFL

nicht aktiv waren, wechselten 3 in die sportlich aktive Gruppe. Die anderen 5 Patienten aus der sportlich inaktiven Gruppe zeigten sich mit der Bewältigung von Alltagsbelastungen hochzufrieden, verneinten jedoch weiterhin das Interesse, Sport zu betreiben (Tab. 2).

Bei den kompetitiv aktiven Leistungssportlern kamen alle Patienten zurück in die gleiche Sportart und führten diese wieder auf Wettkampfniveau aus. Dabei erreichten 58 % nach der Operation ihr altes Leistungslevel bzw. Wettkampfklasse.

### Diskussion

Eine Fehlposition des MPFL führt zu erheblichen klinischen Problemen [5]. Die typischen Komplikationen sind der anteriore Knieschmerz, Beugedefizite und Bewegungseinschränkungen in 5–10 % der Fälle [1, 8, 56]. So zeigt sich ein vorderer Knieschmerz nach 2 Jahren bei bis zu 30–50 % der Patienten [1, 19]. Auch nach 3 Jahren fand sich noch ein vorderer Knieschmerz bei bis zu 17 % der Patienten [31]. In unseren eigenen Fallserien von 30 Patienten fand sich bei einem Nachunter-

suchungszeitraum von 22,5 Monaten nur bei Ausbelastung ein anteriorer Knieschmerz bei 4 Patienten (13 %). Bei einem dieser Patienten zeigte sich ein Beugedefizit von mehr als 20°. Luxationsrezidive fanden sich nicht.

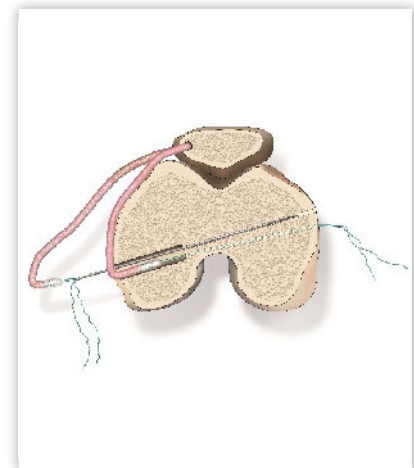
Als Ursachen für den anterioren Knieschmerz und das Beugedefizit werden Entzündungen und Vernarbungen im Transplantatbereich [14] sowie eine Tunnelfehlplatzierung [34] diskutiert. In postoperativen Kernspintomografien lag nur in 65 % eine gute Position der femoralen Insertion vor. In 35 % war diese zu weit anterior oder proximal [40]. Wei-

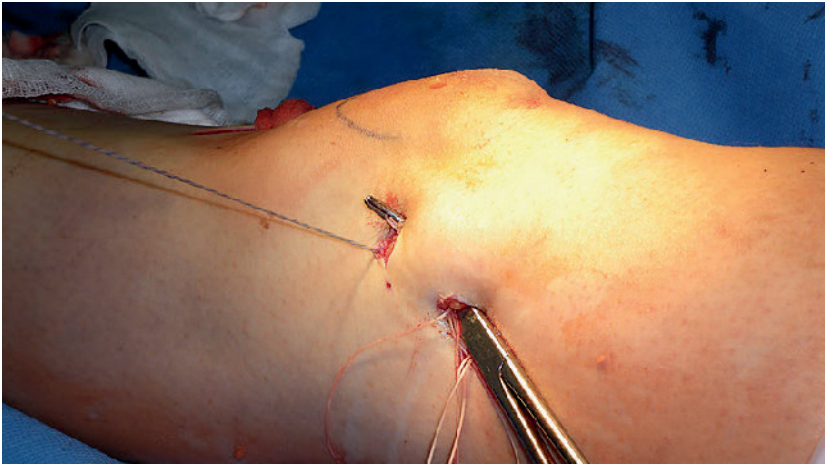


**Abbildung 9** Platzierung der beiden Ösendrähne von medial nach lateral in das zuvor angebrachte Blindloch



**Abbildung 10a–b** Die Armierungsfäden des MPFL-Transplantats sind in die Ösen der V-förmig divergierend laufenden Durchzugsdrähne eingefädelt.





**Abbildung 11** Knoten der Armierungsfäden nach Vorspannung

terhin ist als typischer Risikofaktor die Überspannung des MPFL Transplantats gesehen worden [44].

Mit unserer Technik können wir diesen Komplikationen weitestgehend vorbeugen. Die Anlage des femoralen Bohrkanals wird immer unter Röntgenkontrolle durchgeführt. Wir können die Anspannung des Transplantats individualisieren und unter Funktion austesten; das Transplantat ist in der gesamten Transplantatlänge genutzt und somit weniger rigide. Eine andere nicht allzu seltene Komplikation bei anderen Techniken einer MPFL-Plastik ist die Patellafraktur, die bei uns in keinem Fall eintritt. In der Literatur finden sich hierbei meist Querfrakturen [8, 17, 25, 27, 33, 45]. Dhinsa et al. [11] diskutierten groß-

lumige und horizontale Bohrungen als Risikofaktor für solche Frakturen. In unserer Technik werden vornehmlich nahezu vertikale horizontale Bohrungen ohne zusätzliches Verankerungsmaterial verwendet.

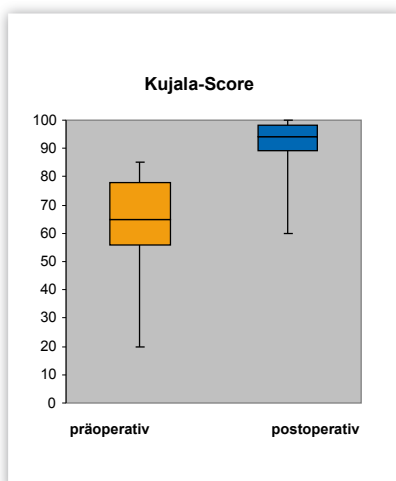
Philippot et al. [35] wiesen darauf hin, dass die Zugkraft bei der Refixation nicht mehr als 10 Newton betragen sollte. Höhere Zugkräfte führen zu einer vermehrten Belastung mit der Gefahr der Überkorrektur und Hyperkompression der Patella.

Betrachtet man die Literatur, so erkennt man unterschiedliche Zugangstechniken. Alle Autoren, die die Trochleoplastik nach Bereiter verwenden, wählen einen lateralen parapatellaren Zugang [3, 16, 26, 29, 36, 47, 52]. Im Ge-

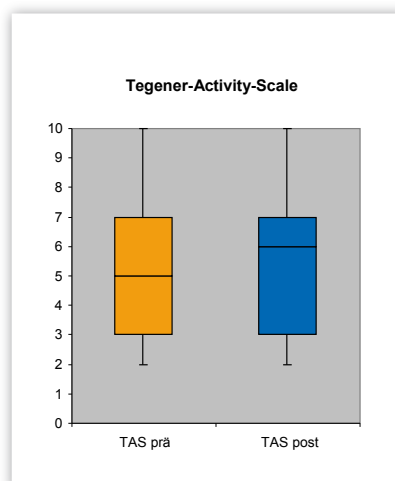
gensatz dazu wird bei der Methode nach Dejour ein modifizierter medialer Vastuszugang genutzt. Hierbei werden Fasern des M. vastus medialis auf ca. 4 cm in den Muskelbauch durchtrennt [9]. Wie bereits erwähnt, nutzen wir einen kurzen medialen parapatellaren Zugang, der neben einer einfachen Trochleadarstellung auch eine gute Freilegung der medialen Patellakante zulässt. Dies ist für unsere Technik entscheidend, um einen V-förmigen Bohrkanal zur MPFL-Grafttunnelung anlegen zu können. Zudem bietet diese Methode einen optimalen Zugang zur medialen Kapsel, in welcher der Tunnel zur femoralen MPFL-Graft Insertion zwischen beiden Kapselblättern präpariert wird. Eine ausgedehnte Hautmobilisation oder ein zusätzlicher Hautschnitt zur Darstellung der medialen Patellakante ist somit nicht nötig, um das MPFL zu rekonstruieren. Nachdem die beiden Kapselblätter vernäht worden sind, kann – sofern nötig – die Sehne des Musculus vastus medialis obliquus medial zur Patella gerafft werden. Aus diesen Gründen beschreibt unsere Methode für den kombinierten Eingriff einen praktikablen Zugangsweg.

Mit weit über 90 % kehrte in unseren Follow-up-Untersuchungen der Großteil der Patienten nach der Operation wieder in den Sport zurück. Die Leistungssportler scheinen hierbei die besten Ergebnisse zu haben, hier erreichen viele ihr zuvor erreichtes Wettkampfniveau. Diese Patienten berichten von einem sicheren Stabilitätsgefühl mit der Möglichkeit, den jeweiligen Sport ohne Zurückhaltung ausüben zu können. Auch unter den Patienten, die präoperativ keinerlei Sport betrieben haben, wird ein nicht unwesentlicher Anteil sogar im Verlauf sportlich aktiv. Bezüglich der Patientenzufriedenheit haben wir versucht, auch das kosmetische Ergebnis zu evaluieren. Dies wird trotz der sichtbaren Narbe von den jungen Patienten als zufriedenstellend bewertet, sodass entsprechend unserer Befragungen weder das Selbstbewusstsein noch die Kleiderwahl eingeschränkt zu sein scheinen. Ästhetische Narbenoperationen scheinen für die von uns befragten Patienten nicht von Interesse zu sein [49].

Nach isolierter MPFL-Plastik trotz zugrundeliegender Trochleadysplasie zeigten Wagner et al. [53] ein vergleichsweise schlechtes klinisches Ergebnis. So-



**Abbildung 12** Der Kujala-Score zeigt eine Steigerung des Medians von 65 auf 94



**Abbildung 13** Ergebnisse des TAS



mit sollte eine höhergradige Trochleadysplasie bei entsprechenden klinischen Befunden neben der MPFL-Plastik auch adressiert werden. Viele Kollegen stehen der Trochleoplastik dennoch eher kritisch gegenüber, da sie durch die Abhebung eines osteochondralen Lappens und die Vicrylbandfixierung Schäden wie Nekrosen an den Gelenkflächen erwarten. Mehrfache eigene arthroskopische Nachuntersuchungen (Abb. 23) und Publikation von Blønd et al. [4] und Schöttle et al. [37] zeigen jedoch, dass sich das Vicrylband vollständig resorbiert und v.a. keine Knorpelschäden im Bereich der versetzten und plastisch verformten Gelenkflächen auftreten. Zur histologischen Beurteilung konnten Schöttle et al. [37] 2 osteochondrale Biopsien 6 und 9 Monate nach Trochleoplastik entnehmen. Neben einer histologischen Untersuchung zur Beurteilung der Knorpel-Knochen-Qualität erfolgte eine Konfokalmikroskopie zur Beurteilung der Lebens- und Funktionsfähigkeit der Knorpelzellen. Trotz der Osteotomie, die ca. 2 mm unterhalb des Knorpels durchgeführt wird, zeigte sich ein normaler histologischer Knorpel-Knochen-Befund mit einer entsprechenden Knochenneubildung in der Osteotomiezone. Insbesondere Knorpel- oder Knochennekrosen zeigten sich nicht.

In einer Vielzahl von Nachuntersuchungen nach Trochleoplastik [4, 15, 16, 29, 47, 52] zeigten sich hinsichtlich der Kniefunktion, der Stabilisierung, der Komplikationen und auch hinsichtlich der Patientenzufriedenheit überzeugende Ergebnisse. Der Kujala-Score zeigt bei der Bereiter-Methode sowohl im Vergleich zur Lyons Procedure nach Dejour [9, 12, 32] als auch im Vergleich zur Recession Wedge Technik die besten Ergebnisse (Tab. 3).

Wir sehen die Trochleoplastik zunehmend zusammen mit einer MPFL-Plastik zur Alignmentanpassung des Weichteilapparats. Das MPFL rupturiert bereits nach der Erstluxation in > 90 % der Fälle [30], sodass das MPFL in der Operation adressiert werden sollte. Gerade in den Fällen, in denen in der transversalen MRT ein deutlicher Patella-Tilt sichtbar ist, ist von einer ausgeprägten Insuffizienz des medialen Bandapparats auszugehen. Sowohl der intraoperative Eindruck als auch CT-Daten [15] zeigen, dass die Patella während einer Trochlea-

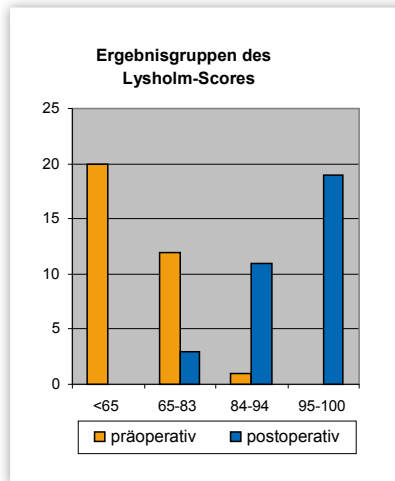


Abbildung 14 Anzahl der Patienten in den Ergebniskategorien des Lysholm-Scores

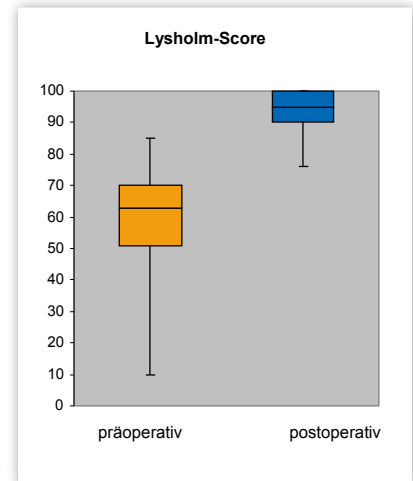


Abbildung 15 Ergebnis des Lysholm-Scores im prä- und postoperativen Vergleich

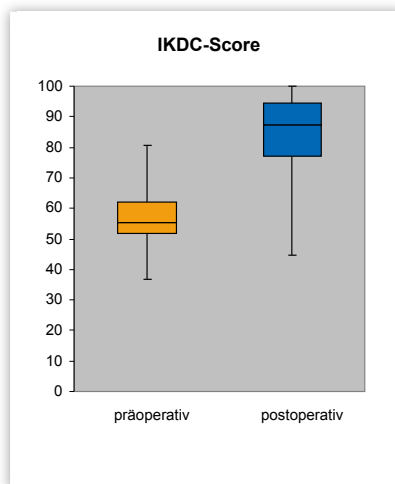


Abbildung 16 Auswertung des IKDC-Scores. Die Operation zeigt eine signifikante Besserung in den Ergebnissen (p < 0,05).

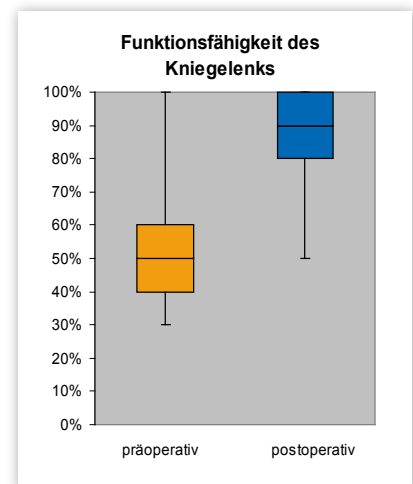


Abbildung 17 Funktionsfähigkeit des Kniegelenks (%) mit einem hohen Signifikanzniveau (p < 0,0001).

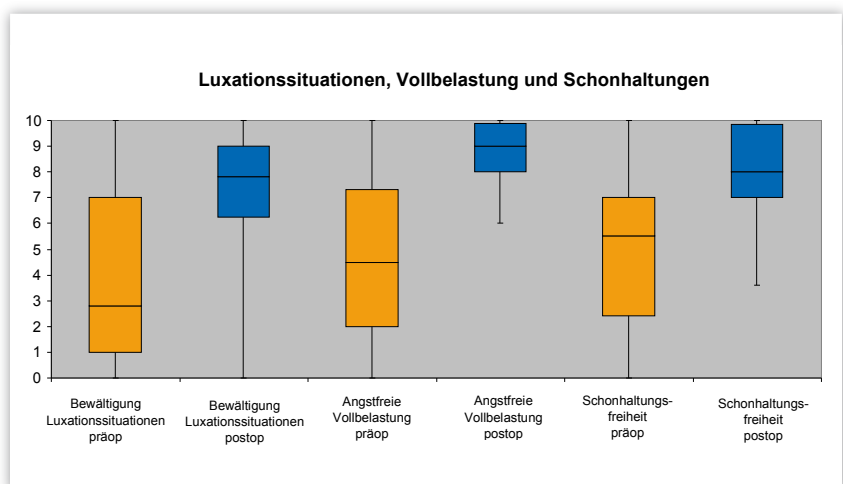
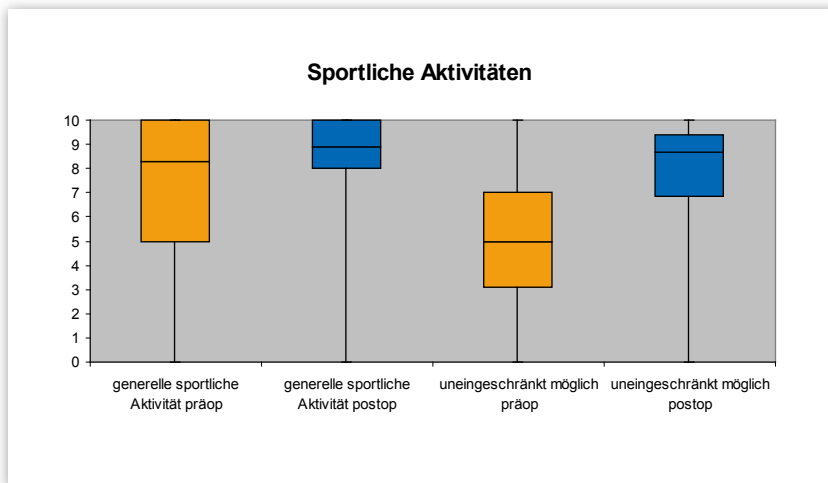
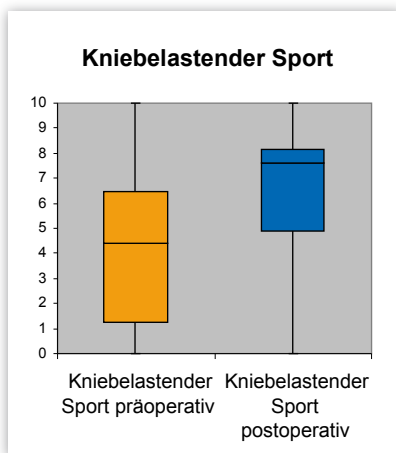


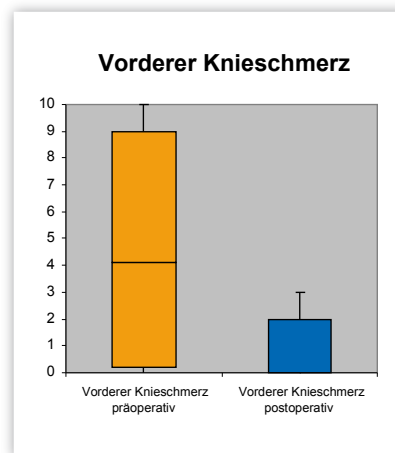
Abbildung 18 Auswertung 3 spezifischer Fragen zur Luxationssituationenvermeidung, angstfreien Vollbelastung und schonhaltungsfreier Funktionalität des Kniegelenks. In allen 3 Kategorien lässt sich eine Verbesserung der Werte erkennen.



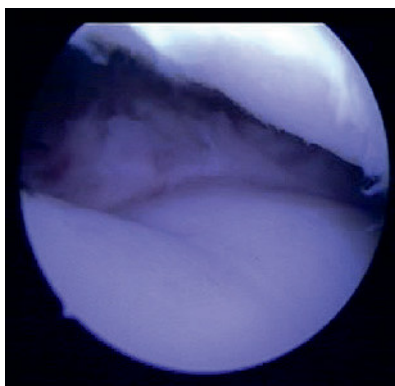
**Abbildung 19** Prä- und postoperativer Vergleich der generellen sportlichen Aktivität und der geschätzten Uneingeschränktheit während des Sports



**Abbildung 20** Vergleich der problemlosen Ausübung kniebelastender Sportarten (prä- und postoperative Einschätzung). Aufgrund erlernten Vermeidungsverhaltens gegenüber kniebelastender Sportarten und der Sorge, das Operationsergebnis gefährden zu können, ist die Punktwertsteigerung nicht als selbstverständlich anzusehen.



**Abbildung 21** Der Vergleich des vorderen Knieschmerzes prä- (orange) und postoperativ (blau). Im Mittel konnte der vordere Knieschmerz von 5 auf 1 Punkt gesenkt werden.



**Abbildung 22** Zustand nach Trochleaplastik vor 5 Monaten

plastik in einer veränderten mechanischen Position nach dorsal und medial verlagert ist. Die Konsequenz ist, dass bei einer Trochleaplastik eine MPFL-Plastik nicht nur wegen der Ruptur, sondern auch im Sinne einer medialen

Weichteilbalancierung bzw. Aligmentanpassung notwendig wird.

Aus unserer Sicht ist die Einstellung der MPFL-Spannung während der Operation ein wesentlicher Faktor, um zu einem guten Ergebnis zu kommen. Entsprechend der Literatur scheint eine sichere intraoperative Einstellung der Graftspannung des MPFL hingegen nicht selbstverständlich [7, 13, 46]. Neben der Beugungslimitierung führt eine überhöhte Graftspannung zu einem erhöhten Anpressdruck auf das femorale Gleitlager. Dies wiederum führt bei den Patienten vermehrt zu vorderen Knieschmerzen. Aus genau diesen Gründen diskutieren Chouteau et al. in ihrem aktuellen MPFL-Review den Bedarf nach einer Operationstechnik, die ein solches Überspannen des Transplantats vermeidet [7]. Studiert man die Literatur, so ist es schwierig, die beste Flexionsstellung zu finden, in der das Graft während der Operation fixiert wird, um schließlich eine optimale Spannung zu erhalten. Thauat et al. empfehlen eine volle Extension, sowie eine eher weiter distal angelegte femorale Insertion, um eine Überspannung des Transplantats während der Knieflexion zu verhindern [46]. Autoren weiterer Studien ziehen Techniken vor, die eine Graftverknüpfung bei einer Beugung zwischen 30–45° vorsehen [2, 24, 29]. Wasiak et al. fixieren das Graft in 20° Flexion und verschieben die Patella um einen Quadranten nach lateral, bevor sie diesen endgültig miteinander verknüpfen [55]. Weitere Autoren ziehen eine Position zwischen 60° und 90° Kniebeugung vor, weil diese eine präzisere Einstellung der Patella in tieferen, inferioren Teilen des trochlearen Gleitlagers zulässt [6, 42]. Bei der Zusammenschau dieser Studien leuchtet es ein, dass die eine optimale Methode zur Spannungseinstellung der Graftfixierung noch nicht beschrieben wurde. Aus diesem Grund kann unsere Technik, die eine einfache Testung der Graftspannung unter Flexion erlaubt,

	Präoperativ	Postoperativ
Sportlich aktiv	25 (76 %)	26 (79 %)
Sportlich inaktiv	8 (24 %)	7 (21 %)

**Tabelle 2** Sportliche Aktivität vor und nach der Operation

eine gute Lösung darstellen. Erst wenn der Operateur mit der Spannungseinstellung und der Beweglichkeitseinstellung des Kniegelenks und der Knie-scheibe zufrieden ist, folgt die endgültige Fixierung des Grafts.

Die Fallserien, bei denen neben der Bereiter-Methode routinemäßig in gleicher Sitzung eine MPFL-Plastik erfolgte, zeigten mit 95 bzw. 96 Punkten die bislang besten Ergebnisse im postoperativen Kujala-Score (Tab. 1). In diesen Fallserien zeigte sich keine erneute Luxation [4, 29]. Nur einer von 23 Patienten zeigte Instabilitätssymptome im Sinne eines weiterhin positiven Apprehensionstests [29] und 2 von 29 Patienten zeigten erneute Subluxationen mit einem erneut zu beobachtenden J-Sign [4]. Unsere eigenen Erfahrungen mit der Kombination aus der Bereiter-Methode und unserer Technik der implantatfreien MPFL-Plastik zeigen ähnlich gute Ergebnisse im Kujala-Score (keine Luxationsrezidive und eine entsprechend hohe Patientenzufriedenheit) [48, 49].

Zusammenfassend scheint die Kombination aus einer vertiefenden Trochleaplastik nach Bereiter und einer MPFL-Plastik (Abb. 16) bei richtiger Indikation ein vergleichsweise erfolgversprechendes Verfahren zu sein. Insbesondere die Möglichkeit, die Transplantatspannung intraoperativ zu testen und zu optimieren, erscheint bei unserem Vorgehen einfach und hilfreich. Die individuelle Containmentanpassung bezüglich der knöchernen Formstörung und die MPFL-Plastik mit dem Ziel einer individuellen intraoperativen Alignmentanpassung sind wesentlich, um zu einem guten Ergebnis zu kommen. OUP

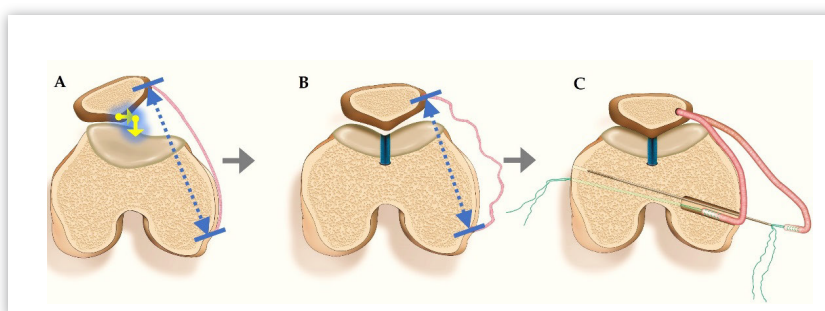
**Interessenkonflikt:** Keine angegeben.

#### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Dr. h. c. Jörg Jerosch  
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie  
und Sportmedizin  
Johanna-Etienne-Krankenhaus  
Am Hasenberg 46  
41462 Neuss  
j.jerosch@ak-neuss.de

	Kujala-Score		IDKC-Score	
	Prä-OP	Post-OP	Prä-OP	Post-OP
von Engelhardt (mit MPFL)	64	94	54	84
Utting MR	52	76	54	72
Banke IJ	51	88	50	80
Nelitz M	79	96	74	90
Technik nach Dejour	45	80	51	76
Donell ST	48	75		
Panaggiotis GN	51	82	59	85
Recession wedge		70		67

**Tabelle 3** Ergebnisse der Trochleaplastik in der Literatur



**Abbildung 23a-c** Unsere Technik der subtraktiven implantatfreien Trochleaplastik in Kombination mit der implantatfreien MPFL-Rekonstruktion in der Blindlochtechnik

## Literatur

1. Ahmad CS, Brown GD, Shubin Stein BE: The docking technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: surgical technique and clinical outcome. *The American Journal of Sports Medicine* 2009; 37: 2021–27
2. Arendt EA, Moeller A, Agel J: Clinical outcomes of medial patellofemoral ligament repair in recurrent lateral patella dislocations. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19: 1909–14
3. Banke IJ, Kohn LM, Meidinger Get al.: Combined trochleoplasty and MPFL reconstruction for treatment of chronic patellofemoral instability: a prospective minimum 2-year-follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014; 22: 2591–8
4. Blønd L, Haugegaard M: Combined arthroscopic deepening trochleoplasty and reconstruction of the medial patellofemoral ligament for patients with recurrent patella dislocation and trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22: 2484–90
5. Bollier M, Fulkerson J, Cosgarea A, Tanaka M: Technical failure of medial patellofemoral ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2011; 27: 1153–9
6. Burrus MT, Werner BC, Conte EJ, Diduch DR: Troubleshooting the Femoral Attachment During Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: Location, Location, Location. *Orthop J Sports Med* 2015; 3: 2325967115569198
7. Chouteau J: Surgical reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Orthop Traumatol Surg Res* 2016; 102: 189–94
8. Christiansen SE, Jacobsen BW, Lund B, Lind M: Reconstruction of the MPFL with gracilis tendon autograft in transverse patellar drill holes. *Arthroscopy* 2008; 24: 82–7
9. Dejour D, Byn P, Ntgiopoulos PG: The Lyon's sulcus-deepening trochleoplasty in previous unsuccessful patellofemoral surgery. *International Orthopaedics* 2013; 37: 433–439
10. Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C: Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994; 2: 19–26
11. Dhinsa BS, Bhamra JS, James C, Dunnet W, Zahn H: Patella fracture after medial patellofemoral ligament reconstruction using suture anchors. *The Knee* 2013; 20: 605–608
12. Donell ST, Joseph G, Hing CB, Marshall TJ: Modified Dejour trochleoplasty for severe dysplasia: Operative technique and early clinical results. *Knee.* 2006; 13: 266–73
13. Elias JJ, Cosgarea AJ: Technical errors during medial patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: a computational analysis. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 1478–85
14. Fithian DC: Patellar instability: principals of soft tissue repair and reconstruction. *Tech Knee Surg.* 2006; 5: 19–26
15. Fucentese SF, Schöttle PB, Pfirrmann CW, Romero J: CT changes after trochleoplasty for symptomatic trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007; 15: 168–74
16. Fucentese SF, Zingg PO, Schmitt J, Pfirrmann CW, Meyer DC, Koch PP: Classification of trochlear dysplasia as predictor of clinical outcome after trochleoplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19: 1655–61
17. Gomes JLE: Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent dislocation of the patella; a preliminary report. *Arthroscopy* 1992; 8: 335–49
18. Hinterwimmer S, Rosenstiel N, Lenich A, Waldt S, Imhoff AB: Femorale Osteotomien bei patellofemorale Instabilität. *Unfallchirurg.* 2012; 115: 410–6
19. Hinton RY: Acute and recurrent patellar instability in the young athlete. *Orthop Clin North Am.* 2008; 34: 385–96
20. Insall J, Goldberg V, Salvati E: Recurrent dislocation and the high-riding patella. *Clin Orthop.* 1972; 88: 67–9
21. Jerosch J, Franz A, Aldinger P: Knieeilersatz. Köln: Deutscher Ärzteverlag, 2012
22. Jerosch, J, Grasselli C: Implantatfreie Rekonstruktion des medialen patellofemorale Ligamentes (MPFL). *Orthopädische Praxis* 2010; 46: 131–135
23. Lippacher S, Dejour D, Elsharkawi Met al.: Observer agreement on the Dejour trochlear dysplasia classification: a comparison of true lateral radiographs and axial magnetic resonance images. *Am J Sports Med.* 2012; 40: 837–43
24. Lippacher S, Dreyhaupt J, Williams SR, Reichel H, Nelitz M: Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament: Clinical Outcomes and Return to Sports. *Am J Sports Med* 2014; 42: 1661–68
25. Lippacher S, Reichel H, Nelitz M: Patellar fracture after patellar stabilization. *Orthopäde* 2010; 39: 516–8
26. Metcalfe AJ, Clark DA, Kemp MA, Eldridge JD: Trochleoplasty with a flexible osteochondral flap: results from an 11-year series of 214 cases. *Bone joint J* 2017; 99-B: 344–50
27. Mikashima Y, Kimura M, Kobayashi Y, Miyawaki M, Tomatsu T: Clinical results of isolated reconstruction of the MPFL for recurrent dislocation and subluxation of the patella. *Orthop Belg* 2006; 72: 65–71
28. Nelitz M, Dornacher D, Dreyhaupt J, Reichel H, Lippacher S: The relation of the distal femoral physis and the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011; 19: 2067–71
29. Nelitz M, Dreyhaupt J, Lippacher S: Combined trochleoplasty and medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocations in severe trochlear dysplasia: a minimum 2-year follow-up study. *Am J Sports Med.* 2013; 41: 1005–12
30. Nomura E, Horiuchi Y, Inoue M: Correlation of MR imaging findings and open exploration of medial patellofemoral ligament injuries in acute patellar dislocations. *Knee.* 2002; 9: 139–43
31. Nomura E, Inoue M: Hybrid MPFL reconstruction using the semitendinosus tendon for recurrent patellar dislocation: minimum 3 years' Follow-up. *Arthroscopy* 2006; 22: 787–93
32. Ntgiopoulos PG, Byn P, Dejour D: Midterm Results of Comprehensive Surgical Reconstruction Including Sulcus-Deepening Trochleoplasty in Recurrent Patellar Dislocations With High-Grade Trochlear Dysplasia *Am J Sports Med.* 2013; 41: 998–1004
33. Parikh SN, Nathan ST, Wall EJ, Eismann EA: Complications of medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. *The American Journal of Sports Medicine* 2013; 41: 1030–8
34. Petersen W, Forkel P, Achtnich A: Chronische patellofemorale Instabilität. *Unfallchirurg* 2012; 115: 397–409
35. Philippot R, Boyer B, Testa R, Farizon F, Moyen B: Study of patellar kinematics after reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2012; 27: 22–6
36. Schöttle PB, Fucentese SF, Pfirrmann C, Bereiter H, Romero J: Trochleoplasty for patellar instability due to trochlear dysplasia: A minimum 2 year clinical and radiological follow-up of 19 Knees. *Acta Orthop.* 2005; 76: 693–98
37. Schöttle PB, Schell H, Duda G, Weiler A: Cartilage viability after trochleoplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007; 15: 161–7
38. Schöttle PB, Schmelting A, Rosenstiel N, Weiler A: Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2007; 35: 801–4
39. Schöttle PB, Zanetti M, Seifert B, Pfirrmann CW, Fucentese SF, Romero J: The tibial tuberosity-trochlear groove distance: a comparative study between CT and MRI scanning. *Knee.* 2006; 13: 26–31
40. Servien E, Fritsch B, Lustig S, Demey G, et al: In vivo positioning analysis of medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2011; 39: 134–9
41. Shah JN, Howard JS, Flanigan DC, Brophy RH, Carey JL, Lattermann C: A systematic review of complications and

- failures associated with medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2012; 40: 1916–23
42. Steiner TM, Torga-Spak R, Teitge RA: Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1254–61
  43. Tanner SM, Garth WP Jr, Soileau R, Lemons JE: A modified test for patellar instability: the biomechanical basis. *Clin J Sport Med.* 2003; 13: 327–38
  44. Thaunat M, Erasmus PJ: Management of overtight medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009; 17: 480–83
  45. Thaunat M, Erasmus PJ: Recurrent patellar dislocation after medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008; 16: 40–3
  46. Thaunat M, Erasmus PJ: The favourable anisometry: an original concept for medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee* 2007; 14: 424–28
  47. Utting MR, Mulford JS, Eldridge JD: A prospective evaluation of trochleoplasty for the treatment of patellofemoral dislocation and instability. *J Bone Joint Surg Br.* 2008; 90: 180–5
  48. von Engelhardt LV, Fuchs T, Weskamp P, Jerosch J: Effective patellofemoral joint stabilization and low complication rates using a hardware-free MPFL reconstruction technique with an intraoperative adjustment of the graft tension. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Sep 20. [Epub ahead of print]
  49. von Engelhardt LV, Weskamp P, Lahner M, Spahn G, Jerosch J: Deepening trochleoplasty combined with balanced medial patellofemoral ligament reconstruction for an adequate graft tensioning. *World J Orthop.* 2017; 8: 935–45
  50. von Engelhardt LV, Fuchs T, Lahner M, Jerosch J: Implant-free, anatomical MPFL plastic: Clinical outcome and patient safety with a mean follow-up of 23 months. *OUP* 2014; 7: 346–51
  51. von Engelhardt LV, Raddatz M, Bouillon B et al.: How reliable is MRI in diagnosing cartilaginous lesions in patients with first and recurrent lateral patellar dislocations? *BMC Musculoskelet Disord.* 2010; 11: 149
  52. von Knoch F, Bohm T, Burgi ML, von Knoch M, Bereiter H: Trochleoplasty for recurrent patellar dislocation in association with trochlear dysplasia. A 4- to 14-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Br.* 2006; 88: 1331–35
  53. Wagner D, Pfalzer F, Hingelbaum S, Huth J, Mauch F, Bauer G. The influence of risk factors on clinical outcomes following anatomical medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction using the gracilis tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013; 21: 318–24
  54. Waldt S, Rummeny EJ: Bildgebung der patellofemorale Instabilität. *Radioologe.* 2012; 52: 1003–11
  55. Wasiak J, Feller JA, Richmond AK: Medial patellofemoral ligament reconstruction as an isolated or combined procedure for recurrent patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014; 22: 2470–76
  56. Watanabe T, Muneta T, Ikeda H, Tateishi T, Sekiya I: Visual analog scale assessment after MPFL reconstruction: with or without tibial tubercle Transfer. *J Orthop Sci* 2008; 13: 32–8