Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Orthopädie
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Heiko Reichel

MPFL-Rekonstruktion nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von:
Helene Giss (geb. Nuber)
geboren in Lauingen

2016

Amtierender Dekan:
Prof. Dr. rer. nat. Thomas Wirth

Erster Berichterstatter:	**PD S. Lippacher**
Zweiter Berichterstatter:	**Prof. L. Dürselen**
Tag der Promotion:	**21.10.2016**

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Fachbegriffe **III**

1 Einleitung **1**

1.1 Inzidenz der Patellaluxation 2

1.2 Anatomie und Biomechanik von Articulatio femoropatellaris und medialem patellofemoralen Ligament (MPFL) 3

1.2.1 Articulatio femoropatellaris 3

1.2.2 Mediales patellofemorales Ligament (MPFL) 4

1.3 Anatomische Risikofaktoren 6

1.4 Therapiekonzepte und deren Indikation 8

1.4.1 Konservative Behandlung 9

1.4.2 Operative Behandlung 9

1.5 Fragestellung 13

2 Patienten und Methoden **14**

2.1 Allgemein 14

2.2 Patienten 14

2.3 Klinische Untersuchung und standardisierte Fragebögen 16

2.4 Bildgebende Diagnostik 17

2.5 Operativer Eingriff und Rehabilitation 21

2.6 Statistische Auswertung 26

3 Ergebnisse **27**

3.1 Klinisches Ergebnis 32

3.2 Komplikationen 34

4 Diskussion **36**

4.1 Therapieversagen der Voroperationen 37
4.2 Erfolg der isolierten Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) und deren Indikation 41
4.3 Komplikationen und Probleme der Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) 46
4.4 Limitationen der Studie 50
4.5 Schlussfolgerung 50

5 Zusammenfassung **51**

6 Literaturverzeichnis **53**

Anhang **62**

Lebenslauf **68**

Abkürzungen und Fachbegriffe

Abb. Abbildung

AP anterior-posterior

bzgl. bezüglich

bzw. beziehungsweise

CDI Caton-Deschamps-Index

etc. et cetera

GEE Generalized estimating equation

ISI Insall-Salvati-Index

Lig. Ligamentum

M. Musculus

max. maximal

mind. mindestens

MPFL Mediales patellofemorales Ligament

MRT Magnetresonanztomographie

TTTG-Abstand Tuberositas tibiae - Trochlear groove - Abstand

vgl. vergleiche

VMO M. vastus medialis obliquus

z.B. zum Beispiel

1 Einleitung

Die patellofemorale Instabilität ist vor allem bei Kindern und Jugendlichen eine häufige Erkrankung des Kniegelenks [21].
Patellaluxationen können durch traumatische Ereignisse, lokale anatomische Fehlbildungen oder auch generalisierte körperliche Probleme (z.B. generalisierte Bandlaxizität) verursacht sein [64].
Nachdem bei konservativer Behandlung hohe Reluxationsraten auftreten, gibt es viele verschiedene operative Ansätze zur Stabilisierung der Patella [3, 21, 52, 64, 69].
Alle verfolgen das gleiche Ziel: eine Verhinderung weiterer Patellaluxationen bzw. -subluxationen.
Aktuell gibt es zwei große Operationsgruppen: Operationen mit Korrektur des proximalen Alignments und des distalen Alignments.

Erst während des letzten Jahrzehnts kristallisierte sich die Wichtigkeit des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) als medialer Stabilisator gegenüber einer lateralen Patelladislokation heraus [53]. Das MPFL bringt bei Knieflexion einen Großteil der medialen Stabilisierungskraft der Patella auf. Aufgrund dieser Erkenntnisse setzte sich die MPFL-Rekonstruktion gegenüber anderen Operationsverfahren in den letzten Jahren zunehmend durch [12, 58].

Diese Arbeit analysiert die Ergebnisse der isolierten MPFL-Rekonstruktion als Revisionseingriff nach insuffizienter patellastabilisierender Operation in der Vorgeschichte.
Verschiedene Punkte werden untersucht. Diese beinhalten mögliche Ursachen für das Therapieversagen der Voroperationen, Gründe für den Erfolg der MPFL-Rekonstruktion und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit einer MPFL-Rekonstruktion als Primäreingriff.

1.1 Inzidenz der Patellaluxation

Die femoropatellare Instabilität ist vor allem ein Problem bei Kindern und jungen Erwachsenen [21, 28]. Laut Fithian et al. [28] liegt bei Mädchen im Alter zwischen 10 und 17 Jahren die höchste Inzidenz (Anzahl der Neuerkrankungen pro 100000 pro Jahr) für eine Patellaluxation vor. Dabei ist sowohl das Risiko einer erstmaligen Luxation (33/100000) als auch einer Reluxation nach erstmaligem Ereignis (18/100000) für diese Gruppe am höchsten und bis zu 33% höher als bei Jungen in vergleichbarem Alter. Ursache hierfür sind geschlechtsspezifische anatomische Unterschiede. So haben Frauen mit einer Kniescheibeninstabilität häufiger als Männer eine Trochleadysplasie und einen erhöhten Tuberositas tibiae - Trochlear groove - Abstand (TTTG-Abstand) [7]. Dies hat zur Folge, dass Luxationen häufiger schon bei Aktivitäten mit niedrigem Risiko stattfinden [7].
Für die Allgemeinbevölkerung beträgt die Inzidenz für eine erstmalige Luxation 5,8/ 100000, für eine wiederholte Luxation nach Erstereignis 3,8/100000 pro Jahr [28]. In der Literatur zeigte sich, dass fast die Hälfte der Patienten nach konservativer Therapie eine Reluxation erlitten [21, 69]. Desweiteren wurde festgestellt, dass 61% der Patienten mit Erstluxation bei der Reluxation sportlichen Aktivitäten nachgingen, aber nur 47% der Patienten mit mehrfachen Luxationsereignissen [28].
Zudem ist zu beachten, dass bei Dislokationen ohne schwerwiegendes Trauma bzw. große Krafteinwirkung eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine zugrundeliegende Pathoanatomie besteht. Dadurch ist auch das Reluxationsrisiko erhöht [28].

1.2 Anatomie und Biomechanik von Articulatio femoropatellaris und medialem patellofemoralen Ligament (MPFL)

1.2.1 Articulatio femoropatellaris

Gemeinsam mit der Articulatio femorotibialis bildet die Articulatio femoropatellaris das Kniegelenk. Im Femoropatellargelenk artikuliert die Trochlea des Femur, genauer gesagt die Facies patellaris femoris, mit der dorsalen Seite der Patella, der Facies articularis patellaris. Die Trochlea dient der Patella während der Kniebewegung als Leitstruktur. Meist ist die Trochlea nicht symmetrisch ausgebildet, sondern weist eine größere laterale Gelenkfläche auf. So kann der Druck auf die laterale Gelenkfläche des Femoropatellargelenks, der aufgrund der physiologisch leicht valgischen Beinachse von Natur aus höher ist, besser abgefangen werden [19]. Zudem wird dadurch eine Lateralisation der Patella bei Aktivierung des Musculus (M.) quadriceps femoris verhindert [2].

Die Patella ist vollständig von einem Bandapparat umgeben. Am superioren Rand inseriert der Großteil der Fasern des M. quadriceps femoris, bettet diese in sich ein und geht in der Apex patellae in das Ligamentum (Lig.) patellae über. Dieses setzt an der Tuberositas tibiae an und ist zwischen 6 und 8 Zentimeter lang. Am lateralen und medialen Rand der Patella inserieren Fasern der Musculi vasti medialis und lateralis, die dem medialen und lateralen Retinakulum entsprechen. Sie strahlen dorsal bis zu den korrespondierenden Bändern, den Ligamenta collateralia tibiale und fibulare, und kaudal bis zu den Condyli tibiales aus. Zusätzlich wird das laterale Retinakulum noch durch Stränge des Tractus iliotibialis verstärkt [23, 43].

Als aktive Stabilisatoren der Patella in Richtung der Femurachse dienen der M. rectus femoris und der Vastus intermedius des M. quadriceps femoris. Bei nach medial gerichtetem Stress auf die Patella wirkt der Vastus lateralis mit seinen schräg verlaufenden Ansatzfasern stabilisierend auf die Patella [10].
Wichtigster aktiver Unterstützer des MPFL bei lateraler Krafteinwirkung auf die Patella ist der M. vastus medialis obliquus (VMO) [54].

Die Vasti medialis und lateralis üben zusätzlich, da sie von posterior an der Patella ansetzen, eine nach femoral gerichtete Kraft auf die Patella aus. So wirken sie durch die Erhöhung des Anpressdrucks der Kniescheibe an die Trochlea indirekt stabilisierend auf die Translationstendenz der Kniescheibe [29].

1.2.2 Mediales patellofemorales Ligament (MPFL)

Das mediale Retinakulum besteht zusätzlich zu den in Kapitel 1.2.1 auf S. 3 genannten Strukturen noch aus dem Lig. collaterale mediale profundum, dem Lig. popliteum obliquum und dem MPFL.

Das MPFL befindet sich in der mittleren Lage des dreischichtigen medialen Bandapparats, also unterhalb der tiefen Faszie und oberhalb, also auch außerhalb, der Gelenkkapsel [40, 64]. Es wird anhand seines proximalen Randes, entlang dessen der VMO verläuft, identifiziert. Distal ist es teilweise nicht klar von den umgebenden Strukturen abzugrenzen. Es verläuft vom superomedialen Anteil des medialen Randes der Patella in Richtung der Sehne des M. adductor magnus bis zum Femur. Dort liegt die Insertionsstelle zwischen dem medialen Epicondylus und dem Tuberculum adductorium (Abb. 1) [40].

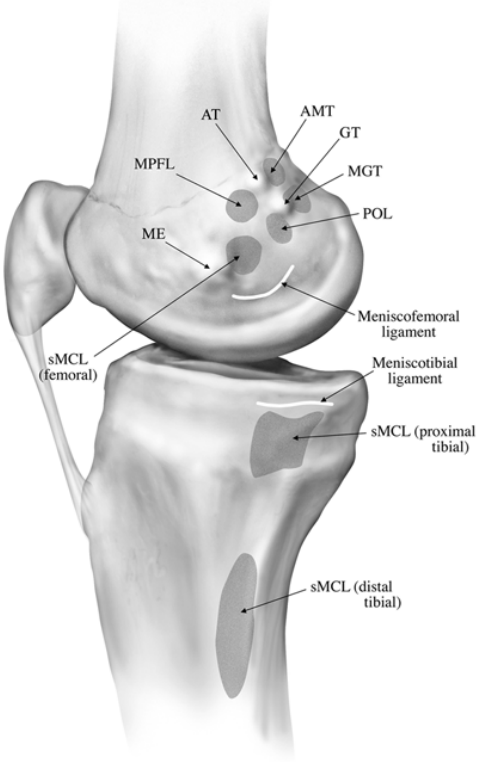


Abbildung 1: Abbildung der knöchernen femoralen Landmarken und Ansatzregionen der bedeutenden Strukturen des medialen Knies. AT=Tuberculum adductorium, GT=Tuberculum gastrocnemium, ME = Epicondylus medialis, AMT = Sehne des Adductor magnus, MGT = mediale Sehne des M. gastrocnemius, sMCL = Lig. collaterale mediale superficiale, MPFL = mediales patellofemorales Ligament, POL = Lig. popliteum obliquum (Nachdruck mit freundlicher Genehmigung, aus: LaPrade RF, Engebretsen AH, Ly TV, Johansen S, Wentorf FA, Engebretsen L. The Anatomy of the Medial Part of the Knee. J Bone Joint Surg Am. 2007;89;2003.).

Die durchschnittliche Länge des MPFL beträgt 55 mm und die Breite variiert von 3 mm bis 30 mm [10].

Aus den anatomischen Gegebenheiten folgt, dass das MPFL bei Extension des Kniegelenks straff gespannt ist, aber im Verlauf der Flexion des Knies an Spannung und somit auch an Stabilisationskraft verliert. Das MPFL zieht die Patella bei Beugung des Knies aus 0°-Extensionsstellung und leicht lateralisierter Position nach medial in Richtung Trochlea. So sorgt das MPFL beim Übergang der Patella in die Trochlea dafür, dass die Patella nicht nach lateral, sondern zentral in die Trochlea hineingleiten kann [10, 58].

Während das Ausmaß des Einflusses des medialen Bandapparats auf die Patella bei Kniebewegung ohne Krafteinwirkung nicht genau geklärt ist, spielt das MPFL eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung dieser, sobald laterale Kräfte einwirken. Dies wurde auch in mehreren Studien untersucht [5, 10, 32, 81].
In einem Test an Kniepräparaten von Amis et al. [5] konnte das MPFL mit einer Kraft von 208 N in anterolaterale Richtung belastet werden, ehe es der Belastung nicht mehr standhalten konnte. Dies ist für ein Band dieser Breite eine verhältnismäßig hohe Kraft.
In einer Studie von Zaffagnini et al. [81] zeigte sich bei lateraler Zugbelastung eine signifikant höhere Patellastabilität bei intaktem MPFL.
Hautamaa et al. [32] berichteten von einer Steigerung von lateralen Subluxationen nach isoliertem Release des MPFL um 50%.
Insgesamt zeigt sich, dass das MPFL vor allem bei den ersten 30° der Knieflexion, wenn die Patella am luxationsgefährdetsten ist, als Hauptstabilisator dient. Im weiteren Flexionsverlauf stabilisiert die Trochlea gemeinsam mit dem VMO die Bewegung der Kniescheibe [10].

1.3 Anatomische Risikofaktoren

Bei der Untersuchung von Patienten mit patellarer Instabilität wurden verschiedene Auffälligkeiten der anatomischen Strukturen festgestellt und daraufhin auf einen Zusammenhang mit den vorliegenden Problemen überprüft. Mittlerweile haben sich vier Hauptrisikofaktoren abgegerenzt, auf die anschließend eingegangen wird [21, 26].

- Trochleadysplasie:
  Die Dysplasie des Gleitlagers in Bezug auf Form und Tiefe gilt als einer der bedeutendsten Risikofaktoren für eine Instabilität der Kniescheibe [21].

  Im normalen Kniegelenk gleitet die Patella bei Kniebeugung nach distal in die Trochlea und wird dort durch deren anatomische Beschaffenheit in ihrem Verlauf stabilisiert. Ändert sich nun aber etwas an der Form oder Tiefe der Trochlea, verringern sich die stabilisierenden Kräfte, die dem lateral gerichteten Vektor des M. quadriceps femoris entgegenwirken können. So kommt es zu patellofemoraler Insta-

bilität mit gesteigerter Luxationstendenz [27, 61]. Für die Stabilität sind vor allem Veränderungen im proximalen Gleitrinnenbereich von Bedeutung, da die Patella von dort in die Gleitrinne hineingleitet [51].
Es gibt verschiedene Methoden, die Trochlea auf einen dysplastischen Aufbau zu untersuchen. Sehr häufig findet die vierstufige Schweregradeinteilung nach D. Dejour [20] ihre Anwendung. Diese wird in Kapitel 2.4 näher beschrieben. In letzter Zeit wird aber auch vermehrt die arthroskopische Diagnostik in die Beurteilung miteinbezogen [51].

- Patella alta:
  Ein weiterer anatomischer Risikofaktor für eine erhöhte Luxationstendenz ist die Patella alta, auch Patellahochstand genannt [21]. Hierbei handelt es sich um eine Lageanomalie der Patella, die sich in einer im Verhältnis zur Trochlea femoris proximalisierten Position äußert.

  Bei einer Patella alta wird die Kniescheibe weniger knöchern stabilisiert als bei normaler Patellahöhe, da sie nur mit den flacheren Anteilen der proximalen Trochleagrube artikuliert [77]. Verstärkt wird die Lateralisierungstendenz zusätzlich durch eine Änderung der medio-lateralen Komponente der Kontaktkraft der Articulatio femoropatellaris [66].

  Das Ausmaß dieses Hochstands lässt sich mithilfe verschiedener Verfahren quantifizieren. Sehr häufige Anwendung finden hierbei der Insall-Salvati-Index (ISI) und der Caton-Deschamps-Index (CDI). In dieser Arbeit wurde der ISI angewendet, auf welchen nachfolgend in Kapitel 2.4 näher eingegangen wird.

- Vergrößerter TTTG-Abstand:
  Der TTTG-Abstand steht für die radiologische Darstellung des Quadriceps-Vektors, welcher während der Kniebewegung eine laterale, dislozierende Kraft auf die Patella ausübt [8]. Ein Wert $\geq$ 20 mm gilt als pathologisch [21].

  Diese Distanzerhöhung kann zum einen durch eine lateralisierte Tuberositas tibiae verursacht sein. Dies tritt entweder isoliert oder z.B. auch in Verbindung mit einer vermehrten Außenrotation der Tibia auf [46]. Zum anderen besteht die

Möglichkeit einer medialisierten Trochleagleitrinne. Gründe hierfür sind unter anderem eine stärkere femorale Anteversion sowie eine Trochleafehlbildung. Dabei verschiebt sich der tiefste Punkt der Trochlea durch asymmetrisch ausgebildete Trochleafacetten, die mediale ist kleiner als die laterale, nach medial [7, 57].

Durch einen erhöhten TTTG-Abstand vergrößert sich auch der laterale Kraftvektor des Extensormechanismus (M. quadriceps femoris). Daraus resultiert ein stärkerer Zug der Patella nach lateral mit größerer Belastung der lateralen Trochleafacette. So kann es zur vermehrten Subluxations- bzw. Dislokationsneigung der Patella kommen [67].

- Erhöhte laterale patellare Verkippung:
  Die laterale patellare Verkippung ist definiert als die vermehrte Anhebung des medialen Patellapols im Sinne einer Rotation um die senkrechte Achse der Patella [11]. H. Dejour et al. [21] stellten die Hypothese auf, dass aus einer erhöhten patellaren Verkippung auf eine Dysplasie des M. quadriceps femoris geschlossen werden kann. Mittlerweile steht jedoch fest, dass ein vergrößerter patellarer Tilt multifaktoriell bedingt ist [27]. Neben einer Dysplasie des M. quadriceps femoris verursacht auch ein Release des medialen Retinakulums einen lateralen Patellatilt. Ebenso kann die Ruptur oder auch nur die Laxizität des MPFL ursächlich hierfür sein. Auch zu straffe laterale Halteapparatstrukturen, eine Patella alta, eine vermehrte femorale Antetorsion, die tibiale Torsion und die Trochleadysplasie, hier vor allem die Hypoplasie der lateralen Femurkondyle, sorgen für einen erhöhten lateralen Tilt [27, 42, 76].

1.4 Therapiekonzepte und deren Indikation

Es gibt zwei unterschiedliche Therapieansätze, die konservative und die operative Variante. Die Indikationsstellung hängt dabei hauptsächlich davon ab, ob es sich um ein Erstereignis oder um eine rezidivierende patellare Instabilität handelt.

1.4.1 Konservative Behandlung

Die konservative Therapie erfolgt vor allem nach akuter erstmaliger Patellaluxation. Sie wird in diesem Fall immer empfohlen, außer bei Nachweis einer osteochondralen Fraktur, Beschädigung von MPFL, VMO oder dem M. adductor magnus und Lateralisierung der Patella bei kontralateral normaler Position der Patella [69].

Das primäre Ziel einer konservativen Therapie ist es, die Schwellung zu mindern, den VMO und die Glutealmuskeln zu stärken und die Beweglichkeit des Kniegelenks zu fördern. Auf lange Sicht soll die ursprüngliche Kraft, Beweglichkeit und Propriozeption wiederhergestellt werden.
Auch durch Taping der Kniescheibe kann eine Besserung erzielt werden, da die Gefahr einer exzessiven Patella-Bewegung während der Physiotherapie sinkt. Zusätzlich wird das Drehmoment des M. quadriceps femoris gesteigert und beim Treppensteigen zuerst der VMO aktiviert. Dies führt dazu, dass die Patella nach medial gezogen wird und so eine geringere Gefahr für eine laterale Luxation vorhanden ist. Darüberhinaus kann zudem die Stärkung der Glutealmuskulatur eine Besserung bewirken. Schwache Glutealmuskeln führen zu einer Adduktion und Innenrotation des Femurs unter Belastung, wodurch die patellare Instabilität getriggert wird [17].

Insgesamt beträgt das Rezidivrisiko bei nicht-operativer Behandlung bis zu 44% [60]. Dies liegt unter anderem daran, dass das in bis zu 100% der Fälle beschädigte MPFL durch konservative Therapie nicht behandelt werden kann und so dauerhaft zwischen 50% und 60% der ursprünglichen passiven Kräfte gegen eine laterale Dislokation der Patella fehlen [5, 12, 60].

1.4.2 Operative Behandlung

Wenn trotz konservativer Therapie Reluxationen auftreten oder abzusehen ist, dass eine konservative Therapie nicht zum Erfolg führt, ist die Indikation für einen operativen Eingriff gegeben [56].

Im Allgemeinen wird zwischen zwei großen Gruppen von Eingriffen unterschieden. Zum einen diejenigen mit Einfluss auf das proximale Alignment und zum anderen diejenigen mit Einfluss auf das distale Alignment.

1. „Lateral Release“ mit Raffung des medialen Retinakulums
   Als erster Schritt wird arthroskopisch ein „Lateral Release“ durchgeführt. Hierbei wird das laterale Retinakulum in vollem Umfang vom oberen Patellapol bis zum unteren Pol durchtrennt, wobei der M. vastus lateralis erhalten bleibt. Anschließend wird das mediale Retinakulum auf seine Unversehrtheit am Ansatz des Tuberculum adductorium hin überprüft. Daraufhin werden der M. vastus medialis und das Retinakulum vorsichtig entlang des medialen Patellarands inzidiert, weiter in Richtung anteriore Patella gerückt und nach Kontrolle der Bandspannung fixiert.

   Eine Indikation für diesen Eingriff ist eine patellare Instabilität in Verbindung mit einem intakten MPFL und keinen weiteren anatomischen Risikofaktoren [56]. Während eine alleinige mediale Raffung aktuell noch durchgeführt wird, trifft das auf das isolierte „Lateral Release“ nicht zu, da sich gezeigt hat, dass es keine zufriedenstellenden Ergebnisse nach sich zieht [17].

2. MPFL-Rekonstruktion
   Die genauen Schritte einer MPFL-Rekonstruktion und die Nachbehandlung werden in Kapitel 2.5 auf S. 21 beschrieben.
   In der aktuellen Literatur findet eine rege Diskussion bezüglich der Rekonstruktion des MPFL statt. Das MPFL gilt als primärer Stabilisator bei Lateralisation der Patella und ist vor allem nach akuter traumatischer Dislokation in fast 100% der Fälle beschädigt [5, 12]. Bei Ausschluss einer höhergradigen Trochleadysplasie scheint eine Rekonstruktion des MPFL für die biomechanische Funktion ausreichend zu sein. Zusätzlich wird eine MPFL-Rekonstruktion auch bei schwerem ossären Malalignment als Zusatzeingriff in Erwägung gezogen [12].
   Als Indikation gelten chronisch-rezidivierende oder persistierende Patellainstabilität und Luxationen. Hierbei muss jeweils darauf geachtet werden, ob schwerwiegende anatomische Fehlbildungen und damit die Indikation für einen zusätzlichen knöchernen Eingriff vorliegen [12].

3. Trochleaplastik
   Das Hauptziel der Trochleaplastik ist, eine neugeformte Gleitrinne mit normaler Tiefe herzustellen. Dafür wird der subchondrale Knochen im Gleitrinnenbereich abgetragen und die verbliebene osteochondrale Flake in die Vertiefung einmodeliert und dort befestigt [62].

   Die Indikation für eine Trochleaplastik ist sehr spezifisch und muss streng gestellt werden, da es sich um einen Knorpeleingriff handelt und deshalb ein hohes Arthroserisiko besteht [56]. Sie wird bei hochgradiger Trochleadysplasie mit patellarer Instabilität und/oder abnormer Patellaführung durchgeführt [20].

   Kontraindikationen sind eine offende Wachstumsfuge oder bereits höhergradige degenerative Trochleaveränderungen [20, 62].

Das distale Realignment erfolgt durch eine Versetzung der Tuberositas tibiae.
Bei der Behandlung der patellaren Instabilität durch eine Verschiebung der Tuberositas tibiae gibt es mehrere Möglichkeiten. Sowohl eine Distalisierung, eine Proximalisierung, eine Medialisierung als auch eine Anteromedialisierung finden Anwendung.

1. Medialisierung
   Bei einer Medialisierung erfolgt die Osteotomie mit beidseitiger Abspaltung des Periosts. Mithilfe einer probatorischen Fixierung der Tuberositas mit Kirschnerdrähten in medialisierter Position wird der neue Patellaverlauf kontrolliert. Bei zentriertem Verlauf wird die Tuberositas fixiert. Als spezielle Methode findet sich hier das Vorgehen nach Elmslie-Trillat, bei dem zusätzlich zur Medialisierung der Tuberositas noch das laterale Retinakulum gespalten und das mediale Retinakulum gerafft werden [9].

   Indikationen für eine Medialisierungs-Operation sind ein erhöhter TTTG-Abstand von > 20 mm [56] und allgemein eine patellofemorale Instabilität ohne Vorliegen einer Patella alta [14].

2. Anteromedialisierung
   Die Anteromedialisierung nach Fulkerson verbindet die Korrektur des patellaren

Maltrackings mit der Herabsetzung der einwirkenden Kontaktkräfte [59]. Nach der Spaltung des lateralen Retinakulums wird eine von medial nach posterolateral und zusätzlich eine quer verlaufende Osteotomie der Tuberositas tibiae durchgeführt. Durch die schräge Schnittführung von medial nach posterolateral wird die Tuberositas nun beim Verschieben nach medial automatisch auch ventralisiert [70].

Nachdem die Anteromedialisierung der Tuberositas zu einer geringeren Belastung von lateraler Trochleafacette und patellofemoralem Knorpel führt, ist diese bei perstierendem patellofemoralen Schmerz mit Degeneration des Gelenkknorpels, lateralem Maltracking und Luxationen bzw. Subluxationen indiziert [30, 56, 70]. Die Anteromedialisierung ist allerdings mit einem erhöhten Risiko einer postoperativen Tibiafraktur verbunden und sollte deshalb erst nach strenger Indikationsstellung durchgeführt werden [59].

3. Distalisierung und Proximalisierung
   Bei beiden Varianten wird die Tuberositas tibiae an drei Seiten komplett abgelöst. Bei einer Patella alta wird ein Teil des Knochens des distalen Endes der Tuberositas abgesetzt. Anschließend wird der proximale Anteil abgenommen und weiter distal fixiert. Bei pathologischem TTTG-Abstand muss im Anschluss eine zusätzliche Medialisierung erfolgen [14].
   Die Proximalisierung bei Patella baja läuft nach dem gleichen Prinzip ab, nur wird in diesem Fall die Tuberositas tibiae nach proximal verschoben und fixiert [14].

1.5 Fragestellung

Die vorliegende Arbeit skizziert die postoperativen Ergebnisse mind. zwei Jahre nach einer MPFL-Rekonstruktion bei Patienten mit vorhergehenden insuffizienten Operationen, die die Stabilisierung der Patella zum Ziel hatten.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Welche Gründe gibt es für das Versagen der verschiedenen Voroperationen?

2. Wie erfolgreich ist die MPFL-Rekonstruktion beim untersuchten Patientenkollektiv und sind die Ergebnisse mit den bisher veröffentlichten Arbeiten vergleichbar?

3. Warum ist die isolierte MPFL-Rekonstruktion bei unserem Patientenkollektiv eine sinnvolle Operationsmethode?

4. Welche Ursachen können ausschlaggebend dafür sein, dass bei manchen Patienten auch die MPFL-Rekonstruktion kein zufriedenstellendes Ergebnis liefert?

Der Erfolg des operativen Eingriffs wird mittels folgender Kriterien beurteilt:

- Postoperative Patellastabilität

- Subjektive Zufriedenheit

- Prä- und postoperativer Aktivitäts- und Kniefunktionsscores

- Funktionalität des Kniegelenks

2 Patienten und Methoden

2.1 Allgemein

Bei allen in der Studie eingeschlossenen Patienten wurde die MPFL-Rekonstruktion zwischen 2008 und 2011 an der Orthopädischen Klinik des Universitätsklinikums Ulm durchgeführt.

In einer retrospektiven, klinischen Studie wurden nach einer minimalen Follow-Up-Zeit von 24 Monaten die Ergebnisse einer isolierten MPFL-Rekonstruktion nach insuffizienter Voroperation nachuntersucht und die Patienten befragt.

Präoperative und radiologische Daten sowie die Operationsberichte wurden aus den Patientenakten entnommen.

Die Beurteilung der Operationsergebnisse erfolgte mittels standardisierter Knie-Scores: Tegner Aktivitätsscore [73], Tegner Lysholm Knee Scoring Scale [73] und Kujala-Score [38]. Auf diese wird in Kapitel 2.3 auf S. 16 genauer eingegangen.

2.2 Patienten

In diese Studie eingeschlossen wurden Patienten, für die folgende Kriterien gelten:

- isolierte MPFL-Rekonstruktion ohne zeitgleich durchgeführte andere stabilisierende Eingriffe (Trochleaplastik, Versatz der Tuberositas tibiae, Torsionskorrektur)

- rezidivierende patellofemorale Instabilität trotz mind. einer patellastabilisierenden Operation am behandelten Knie in der Vorgeschichte
- ausreichend vorhandene präoperative Daten
- Bereitschaft, an der Studie und der Befragung teilzunehmen

Aus diesem Kollektiv wurden die Patienten ausgeschlossen, für die keine ausreichenden bzw. vergleichbaren Daten erhoben werden konnte.
Hierzu zählen:

- eine gleichzeitig mit der MPFL-Rekonstruktion stattfindende andere stabilisierende Operation
- fehlende Bereitschaft zum Follow-up bzw. ein Follow-up-Zeitraum < 24 Monate
- unvollständige präoperative Daten

Unter Berücksichtigung der ersten beiden Einschlusskriterien wurden 28 Patienten über die geplante Studie informiert und schriftlich zur freiwilligen Teilnahme eingeladen. Die Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie zeigten 26 Patienten (92,9%), die das endgültige Patientenkollektiv für diese Studie bildeten. Da bei zwei Patienten beide Knie einer MPFL-Rekonstruktion unterzogen wurden, wird nun das Ergebnis von insgesamt 28 Knien (10 rechte sowie 18 linke Knie) untersucht.

Diese Patienten wurden nach einem vorher entwickelten Untersuchungsplan untersucht und mit Hilfe von speziellen Fragebögen interviewt.

20 Patienten (76,9%) waren weiblich und 6 Patienten (23,1%) männlich.

Auf die Verteilung der Voroperationen wird in Abb. 20 eingegangen.

2.3 Klinische Untersuchung und standardisierte Fragebögen

Vor und nach dem Eingriff erfolgte eine standardisierte Untersuchung aller Patienten. Hier wurde vor allem Wert auf das max. mögliche Flexionsausmaß, das „Apprehension Sign“ und das „J-Sign“ gelegt.
Beim „Apprehension Sign“ drückt der Untersucher die Patella nach lateral, während der Patient sein Knie aus 30°-Flexion streckt. Spannt der Patient als Gegenspieler den M. quadriceps femoris an, weil er Angst vor einer (Sub-) Luxation hat, wird das Zeichen als positiv gewertet.
Bei der Untersuchung des „J-Sign“ extendiert der sitzende Patient langsam sein Bein aus 90°-Flexion. Gleitet die Patella kurz vor Erreichen der vollen Extension plötzlich nach lateral und beschreibt dadurch ein umgekehrtes J, ist das „J-Sign“ positiv [28, 65].

Zusätzlich wurde die Kniefunktion mittels verschiedener standardisierter Scores beurteilt:

1. Tegner Aktivitätsscore [73, 80]
   Mithilfe des Aktivitätsscores nach Tegner lässt sich das Aktivitätslevel der Patienten prä- und postoperativ untersuchen [73]. Die Skala ist in elf Stufen aufgeteilt und beinhaltet sowohl berufliche als auch sportliche Belastungsniveaus. Zur besseren Verwertbarkeit wurde hier auf die deutsche Version [80] zurückgegriffen. Bei der beruflichen Belastung geht die Skala von arbeitsunfähig bis zu schwerer körperlicher Arbeit. Die sportlichen Aktivitäten bewegen sich in einem Bereich von Gehen auf ebenem Boden bis zu nationalem bzw. internationalem Wettkampfsport.

2. Tegner Lysholm Knee Scoring Scale [45, 73]
   Diese Skala dient der Beurteilung der Funktionalität des Kniegelenks. Hier werden verschiedene Aspekte, die bei patellofemoraler Instabilität zu werten sind, berücksichtigt und unterschiedlich schwer gewichtet: Hinken (max. 5 Punkte), Belastungsgrad (max. 5 Punkte), Schmerzen (max. 15 Punkte), Instabilität (max. 25 Punkte), Blockierungen (max. 15 Punkte), Schwellung (max. 10 Punkte), Treppen steigen (max. 10 Punkte), in die Hocke gehen (max. 5 Punkte) [45]. Die erreich-

bare Gesamtpunktzahl beträgt 100 Punkte. Ein Ergebnis >91 Punkten bedeutet ein exzellentes Ergebnis, 84-90 Punkte ein gutes, 65-83 ein ausreichendes und < 65 Punkte ein nicht zufriedenstellendes Ergebnis [45].

3. Kujala-Score [38]
   Der Kujala-Score beinhaltet sowohl subjektive Symptome als auch funktionelle Einschränkungen, die bei patellofemoralen Problemen auftreten. Anders als bei der Skala von Lysholm wird das Gewicht jedoch weniger auf Schmerzen und Instabilitätsneigung (insgesamt max. 20 Punkte) als vielmehr auf die Ausführung verschiedenster wichtiger Alltagsaktivitäten gelegt (max. 70 Punkte). Durch die geringere Gewichtung von Schmerzen und Instabilität soll das Ergebnis objektiver und weniger von Tagesschwankungen abhängig sein. Zusätzlich werden auch noch eine Oberschenkelmuskelschwäche und ein Flexionsdefizit, beides objektiv beurteilbare Aspekte, erfragt [38].

Zusätzlich wurden die Patienten nach ihrer subjektiven Zufriedenheit bezüglich des postoperativen Ergebnisses befragt. Hierbei sollten vor allem auch erneute Luxationsereignisse, notwendige operative Revisionen oder weiterhin bestehende funktionelle Einschränkungen berücksichtigt werden. Die Einteilung erfolgte in vier Stufen:

- Note 1: sehr zufrieden
- Note 2: zufrieden
- Note 3: teilweise zufrieden
- Note 4: nicht zufrieden

2.4 Bildgebende Diagnostik

In der Röntgendiagnostik erfolgte eine anterior-posterior (AP) -Aufnahme im Stehen und eine laterale Aufnahme in 30°-Flexion. Diese dienten der Untersuchung, ob knöcherne

Missbildungen oder eine Patella alta vorliegen. Hierfür wurde mit der lateralen Aufnahme die Patellahöhe nach dem Insall-Salvati-Index (ISI) bestimmt (Abb.2).

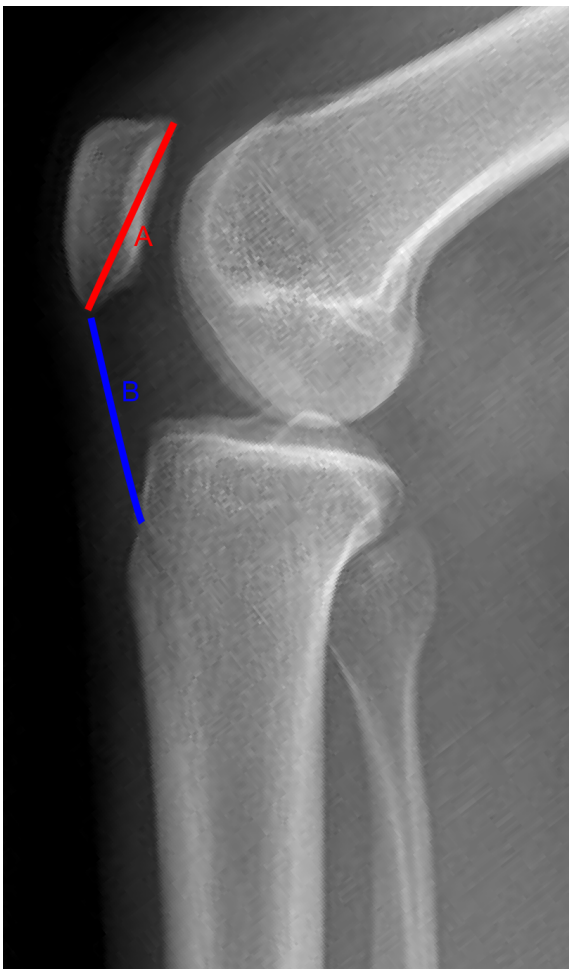


Abbildung 2: Insall-Salvati-Index (B/A) zur Bestimmung der Patellahöhe, A (rot): größtes diagonales Ausmaß der Patella, B (blau): Strecke von der Patellaspitze bis zur Tuberositas tibiae.

Der Grad der Trochleadysplasie wurde mithilfe einer präoperativen Magnetresonanztomographie (MRT) des Knies (fettgesättigte, Protonendichte gewichtete, Fast Spin-Echo Bild-Sequenz, Siemens 1.5-T VA17A-Symphony, A Tim System; München, Deutschland) klassifiziert. Für die Bewertung wurden die axialen MRT-Aufnahmen und die streng lateralen Röntgen-Bilder herangezogen. Die Klassifizierung erfolgte nach dem System von D. Dejour [20].

Bei den Bildern der MRT-Aufnahmen wurde der am weitesten proximal gelegene kraniokaudale Schnitt verwendet, auf dem der Knorpel die gesamten Trochleabreite bedeckt (Abb. 3).

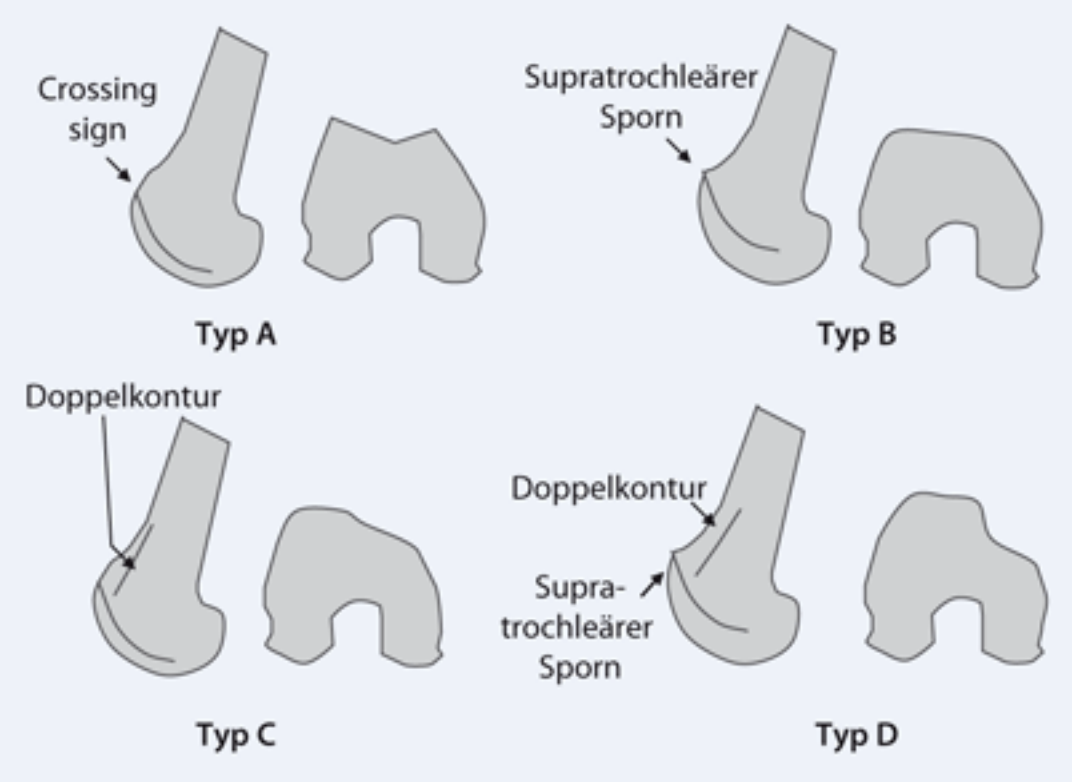


Abbildung 3: Klassifikation der Trochleadysplasie nach D. Dejour [20]. (Nachdruck mit freundlicher Genehmigung, aus: Petersen W, Forkel P, Echtnich A. Chronische patellofemorale Instabilität. Unfallchirurg. 2012;115;402.)

Die Einteilung gestaltet sich wie folgt:
Eine Trochleadysplasie Grad A liegt vor, wenn die Trochlea im MRT zwar relativ flach, aber trotzdem noch symmetrisch und konkav ist. Im Röntgenbild schneidet der am tiefsten gelegene Teil der Trochlea den vordersten Punkt des lateralen Condylus, was sich als Kreuzung der beiden Linien darstellt („Crossing sign“).

Bei Grad B zeigt sich eine abgeflachte oder konvexe Gelenkfläche im MRT und im Röntgen zusätzlich zum „Crossing sign“ noch ein supratrochleärer Sporn.

Grad C ist durch eine asymmetrische, lateral konvexe und medial hypoplastische Trochleafläche im axialen Schnitt gekennzeichnet. Im lateralen Bild ist zusätzlich zum „Crossing sign“ eine Doppelkontur zu sehen. Diese entsteht dadurch, dass die mediale und die laterale Trochleafacette im Falle einer medialen Hypoplasie in der streng lateralen Aufnahme nicht auf einer Ebene liegen.

Grad D weist eine asymmetrische Trochlea mit einem Vorsprung auf. Röntgenologisch vereint der Grad D alle Auffälligkeiten: Das „Crossing sign“, den supratrochleären Sporn und die Doppelkontur [20, 41].

Zusätzlich wurde mithilfe axialer MRT-Schnittbilder der Tuberositas tibiae - Trochlear groove - Abstand (TTTG-Abstand) bestimmt. Der TTTG-Abstand zeigt das Ausmaß der lateralen Deviation der Tuberositas tibiae. Hierfür wurden zwei Schnittbilder übereinandergelegt. Das erste liegt auf Höhe des tiefsten Trochleapunktes. Von diesem Punkt aus wird eine Senkrechte auf die hintere Verbindungslinie der Femurkondylen konstruiert. Weiter distal wird vom Mittelpunkt des Patellaansatzes an der Tuberositas tibiae ebenfalls eine Senkrechte zur Verbindungslinie konstruiert. Der Abstand zwischen Tuberositas tibiae und dem tiefsten Punkt der Trochlea ist dann der TTTG-Abstand. Ein Wert $\geq$ 20 mm gilt als pathologisch (Abb. 4) [21].

In einer Untersuchung von Köhlitz et al. [35] war ein TTTG-Wert $\geq$ 20 mm mit einem 8,4-fach erhöhten Patelladislokationsrisiko verbunden.

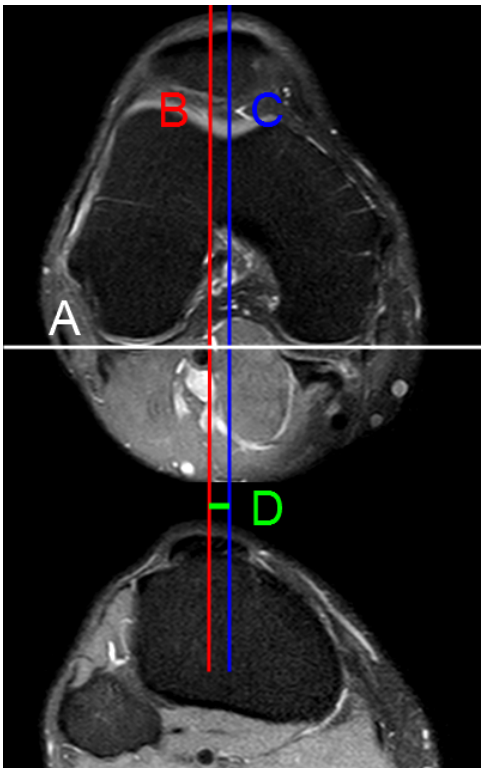


Abbildung 4: Tuberositas tibiae - Trochlear groove - Abstand: A (weiß): Verbindung zwischen den hinteren Femurkondylen, B (rot): Lot auf A durch die Mitte der Tuberositas Tibiae, C (blau): Lot auf A durch tiefsten Punkt der Trochlea, D (grün): TTTG-Abstand.

2.5 Operativer Eingriff und Rehabilitation

Vor jeder Operation erfolgte unter Narkose eine klinische Untersuchung des betroffenen Knies. Anschließend wurde eine diagnostische Arthroskopie zum Auschluss intraartikulärer Läsionen und zur abschließenden Beurteilung der Trochleaanatomie durchgeführt. Hierfür wurde ein weiterer, proximal-lateraler Zugang gesetzt, um die Trochlea von ihrer proximalen Seite untersuchen zu können. Hierbei wurde auf die Abflachung der Trochlea, eine konvexe Gelenkfläche mit supratrochleärem Sporn und die Erhöhung im Vergleich zur anterioren Femurkortikalis Wert gelegt

Typ 1 ist als eine abgeflachte oder nahezu ebene Trochleagrube, welche in den meisten Fällen im Verhältnis zum anterioren femoralen Kortex erhöht ist, definiert. In diesem Fall und bei physiologischer Trochlea wurde eine alleinige MPFL-Rekonstruktion durch-

geführt, da die Patella noch ausreichend durch die Trochlea stabilisiert werden kann (Abb. 5) [51].
Als Typ 2 ist die Trochlea definiert, wenn sie am proximalen Ende konvex ist, typischerweise einen superolateralen Sporn zeigt und erst weiter distal konkav wird. Dadurch besteht bei der Kniebewegung ein hohes Risiko für eine Dislokation der Patella und eine Trochleaplastik ist indiziert (Abb. 6) [51].
Bei den Patienten in unserer Studie, bei denen eine arthroskopische Trochleadysplasie Typ 2 vorlag, wurde nach genauer Abwägung der Indikationen und Kontraindikationen auch eine alleinige MPFL-Rekonstruktion durchgeführt.

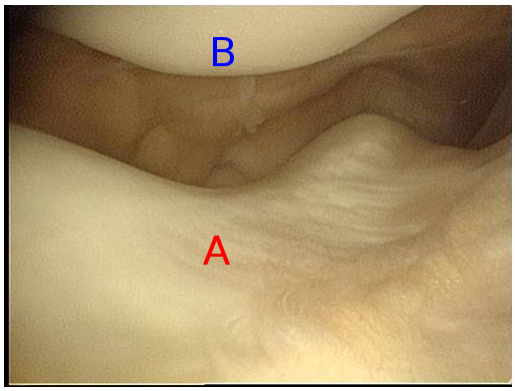


Abbildung 5: Arthroskopischer Normalbefund einer proximalen Trochlea bei Inspektion vom proximal-lateralen Zugang aus. A (rot): Trochlea, B (blau): Patella.

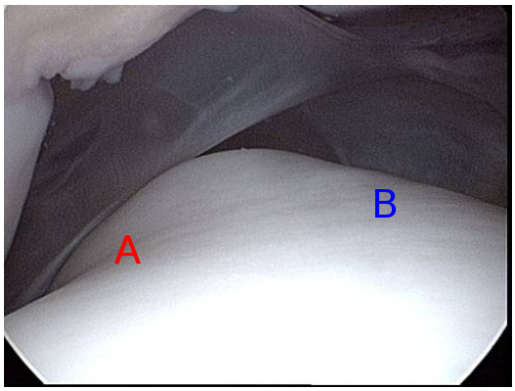


Abbildung 6: Vorliegen einer Trochleadysplasie mit konvexer Knorpeloberfläche und anterolateralem Sporn. A (rot): konvexe Trochlea, B (blau): Sporn.

Nach der Entscheidung für eine alleinige MPFL-Rekonstruktion wurde eine schräg verlaufende Inzision entlang des Pes anserinus gesetzt und das subkutane Fettgewebe durchtrennt. Nachdem die Faszie eröffnet worden war, wurde in 25 Fällen die Gracilis- und in 3 Fällen die Semitendinosus-Sehne am proximalen Ende mit einem Sehnenstripper mobilisiert und das distale Ende von der Tibia scharf abgetrennt. Die Sehne wurde von Muskelgewebe gereinigt und an beiden Enden mit einer Vicryl-Naht (Ethicon Products, Norderstedt, Deutschland) armiert.
Nun erfolgte ein längs verlaufender Schnitt über den medialen proximalen zwei Dritteln der Patella. Der mediale Rand der Patella wurde unter Vermeidung einer Verletzung der Gelenkkapsel dargestellt. Bei der jetzt folgenden Fixation der MPFL-Plastik an der

Patella kam es zu Abweichungen im Verfahren: in 15 Fällen wurde die Sehne mithilfe eines V-förmigen Bohrkanals, in 13 Fällen mit „Bio-SwiveLock“-Ankern fixiert.

- V-förmiger Bohrkanal
  Bei der ersten Methode wurden zwei, ein V bildende Tunnel mit ca. 1,5 cm Tiefe in der superomedialen Hälfte der Patella gebohrt, wobei wegen der Frakturgefahr auf einen angemessenen Abstand geachtet werden musste. Anschließend wurde das Sehnentransplantat in den Tunnel eingebracht, sodass es eine Schlaufe durch die Patella formte (Abb. 7).



Abbildung 7: An der Patella fixiertes Sehnentransplantat mit Vicrylnaht.

- „Bio-SwiveLock“-Anker
  Bei der zweiten Variante wurden mit einem Kirschnerdraht unter Durchleuchtungskontrolle am medialen Rand der Patella zwei parallel verlaufende Kanäle vorgebohrt und anschließend mit einem größeren Bohrer überbohrt. Nachfolgend wurden beide Enden des Transplantats mit „Bio-SwiveLock“-Ankern in den vorgebohrten Kanälen fixiert und die Sehne angeschlungen.

Danach wurde der Weg bis zum femoralen Insertionspunkt des MPFL zwischen Kapsel und Vastus medialis stumpf präpariert.
Um den anatomischen femoralen Ansatzpunkt zu bestimmen, wurde die indirekte radiographische Methode mit Durchleuchtungskontrolle nach Schöttle et al. [63] angewendet (Abb. 8).
Der Insertionspunkt liegt in der streng seitlichen Aufnahme zum einen anterior der Verlängerung der posterioren Kortikalis. Zum anderen befindet er sich zwischen zwei

Senkrechten auf die Kortikalisverlängerung: Die erste verläuft durch den Hinterrand des medialen Femurkondylus, die zweite durch den hintersten Punkt der Blumensaat-Linie [63]. Ein Führungsdraht wurde unter Durchleuchtung an der femoralen Insertionsstelle angebracht (Abb. 9).

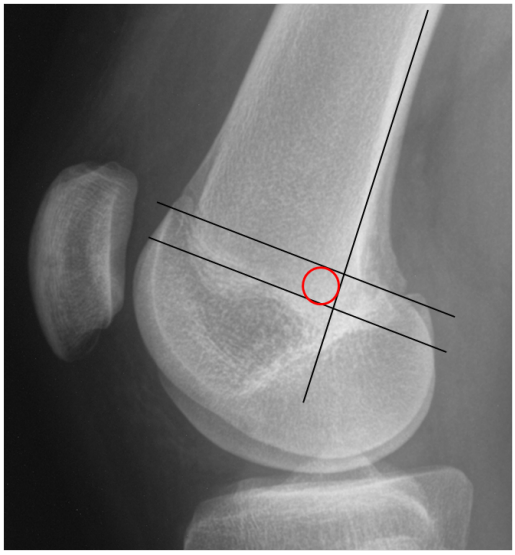


Abbildung 8: Insertionspunkt (rot) in der streng seitlichen Aufnahme nach Schöttle [63].



Abbildung 9: Anbringen der femoralen Insertionsstelle unter Durchleuchtungskontrolle.

Nach Kontrolle der Eintrittsstelle wurde über den Kirschner-Draht ein blind endender Tunnel in die laterale Femurkondyle gebohrt, um die doppelte Transplantatbreite in ausreichende Tiefe aufnehmen zu können und so eine optimale Sehnenspannung zu ermöglichen. Anschließend wurde die Muskelsehne zwischen der zweiten und dritten Schicht des medialen Halteapparats zum femoralen Ansatzpunkt durchgezogen (Abb. 10, Abb. 11).

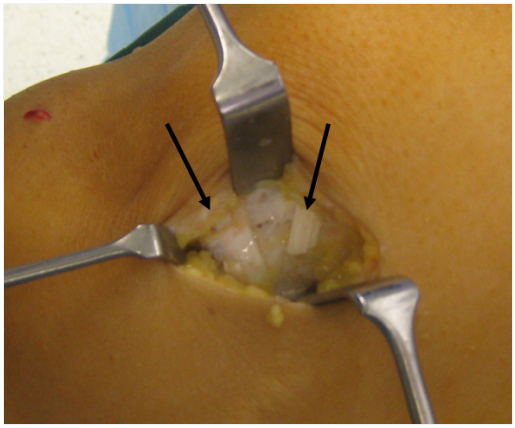


Abbildung 10: Lage des Sehnentransplantats nach Durchziehen in Richtung des femoralen Insertionspunkts.



Abbildung 11: Ende des Transplantats, das am femoralen Insertionspunkt befestigt wird.

Mithilfe der Vicryl-Naht erfolgte das Einbringen des Transplantats entlang der transepicondylären Achse in den medialen Bohrtunnel. Das Knie wurde nun mehrere Male mit gespannter Sehne vollständig durchbewegt. Bei regelhaftem Verlauf wurde das Transplantat in 30° Knieflexion im Bohrkanal in der medialen Condyle mit einer Biointerferenz-Schraube fixiert. Abschließend wurde die Aponeurose des VMO wieder an der Patella befestigt, sowie das subkutane Gewebe und die Haut verschlossen und ein routinemäßiger Verband angelegt.

Postoperativ erfolgte eine frühfunktionelle krankengymnastische Mobilisation. Eine Teilbelastung des operierten Beines mit 20 kg für zwei Wochen mit Hilfe von Gehstützen wurde erlaubt, ebenso ein Bewegungsausmaß von 0-0-90° für sechs Wochen postoperativ. Bei der physiotherapeutischen Beübung wurde vor allem Wert auf die Kräftigung der Kniegelenkstreckmuskulatur, insbesondere des Vastus medialis gelegt. Kniegelenkbelastende Sportarten wurden ab dem dritten Monat postoperativ erlaubt.

2.6 Statistische Auswertung

Stetige Merkmale wurden mit dem Median sowie dem Minimum und Maximum der Werte analysiert. Die qualitativen Variablen, also nominale und ordinale Merkmale, wurden über die Angabe von Häufigkeiten untersucht. Die Werte der prä- und postoperativen Scores wurden mit Hilfe der verallgemeinerten Schätzgleichungen, auch Generalized estimating equation (GEE) genannt, untersucht. Die Anwendung von GEE war statistisch notwendig, da zwei Patienten unter den Untersuchten waren, bei denen beide Knie betroffen waren. Da es sich hier um eine explorative Studie handelt, wurde keine Adjustierung für multiples Testen vorgenommen. Ein p-Wert $< 0{,}05$ wurde als signifikant betrachtet. Die Ergebnisse aller statistischen Tests wurden in einem explorativen Sinn interpretiert. Die statistische Analyse erfolgte mit dem Programm SAS 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

3 Ergebnisse

Es wurden 26 Patienten (20 Frauen und 6 Männer) in die Studie eingeschlossen (Abb. 12). Da bei zwei Patienten beide Knie operiert wurden, wurden insgesamt 28 Knie (18 linke, 10 rechte) untersucht (Abb. 13).

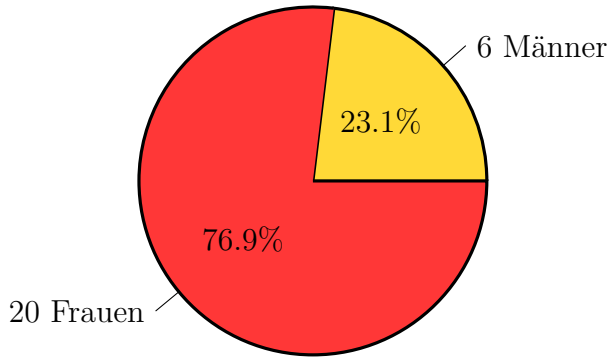


Abbildung 12: Geschlechterverteilung der Patienten mit Zustand nach Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008-2011. Rot: Frauen, gelb: Männer.

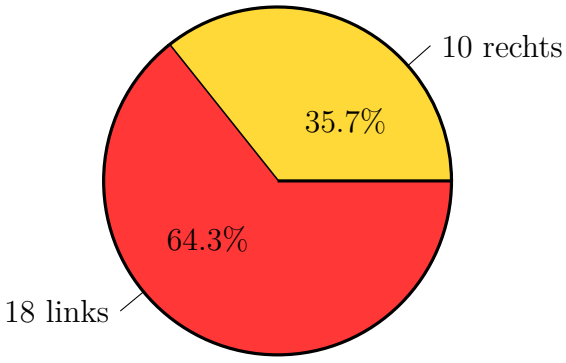


Abbildung 13: Seitenverteilung der Kniegelenke, an denen das mediale patellofemorale Ligament nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008-2011 rekonstruiert wurde. Rot: linkes Kniegelenk, gelb: rechtes Kniegelenk.

Der Median des Alters der Patienten zum Operationszeitpunkt lag bei 20,4 Jahren. Das Alter der Patienten wurde aufsteigend sortiert und die Patienten nach dieser Reihung durchnumeriert (Abb. 14). Der jüngste Patient war elf, der älteste Patient 43 Jahre alt. Die Follow-Up-Zeit betrug mindestens 24 Monate und maximal 3,7 Jahre (Abb. 15).

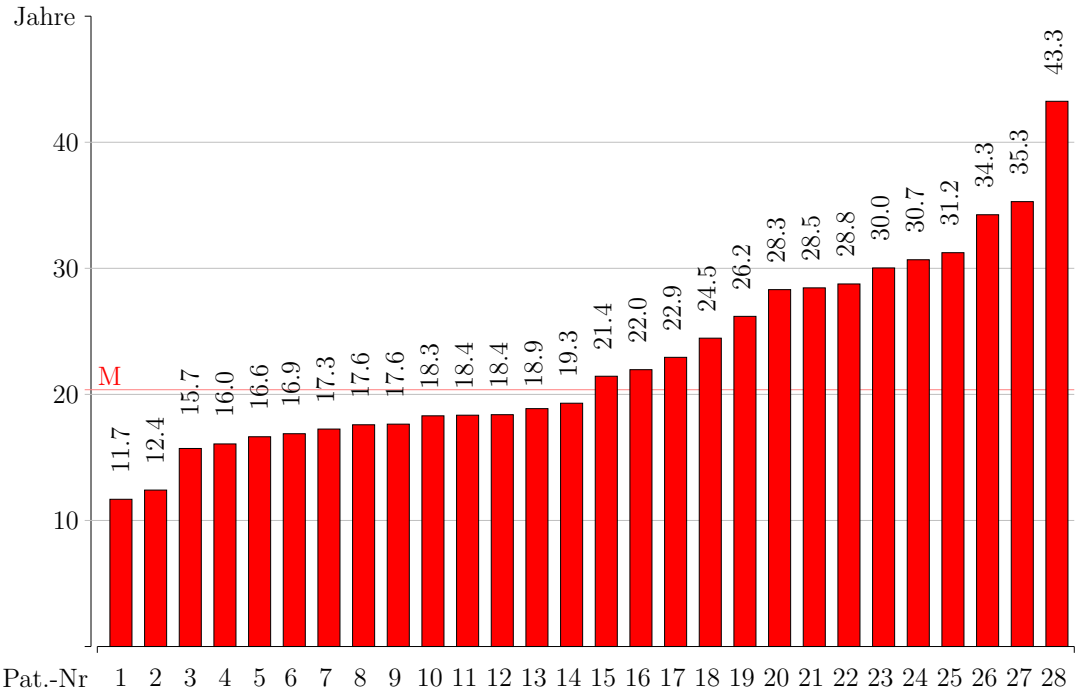


Abbildung 14: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008 bis 2011, M (rot): Median.

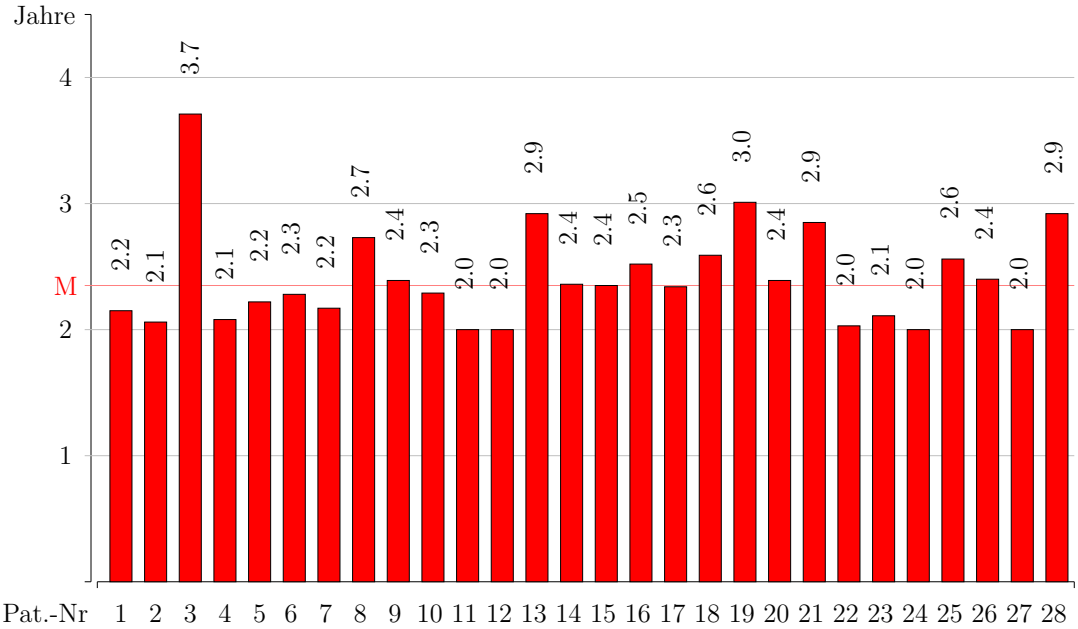


Abbildung 15: Zeitraum zwischen Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments und Nachuntersuchung (Follow-up) der Patienten nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008 bis 2011, M (rot): Median.

Präoperativ lagen von allen operierten Kniegelenken röntgenographische laterale und AP-Aufnahmen sowie bei 25 Knien ein MRT vor. Die mediane Patellahöhe nach dem ISI lag bei 1,1 (0,81 - 1,35). 3 Patienten zeigten eine Patella alta (ISI $\geq$ 1,3) (Abb. 16). Der mediane TTTG-Abstand der 20 beurteilten Kniegelenke (In 6 Fällen war eine Versetzung der Tuberositas tibiae vorausgegangen und der TTTG-Abstand dadurch nicht im Original ermittelbar und in 2 Fällen lag kein MRT vor.) lag bei 16,8 mm (8 mm - 24 mm). 7 Patienten zeigten pathologische Werte $\geq$ 20 mm (Abb. 17) [21].

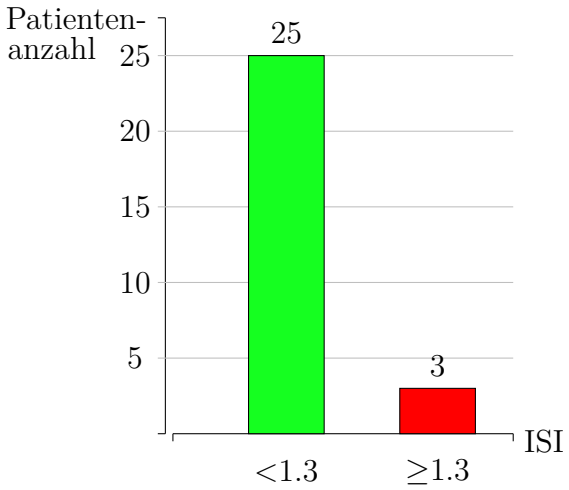


Abbildung 16: Vorliegen einer Patella alta bei Insall-Salvati-Index (ISI) $\geq$ 1,3 (rot), keine Patella alta bei ISI $<$ 1,3 (grün) (analysiert bei 28 Patienten vor Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments am Universitätsklinikum Ulm nach insuffizienter patellastabilisierender Voroperation von 2008-2011).

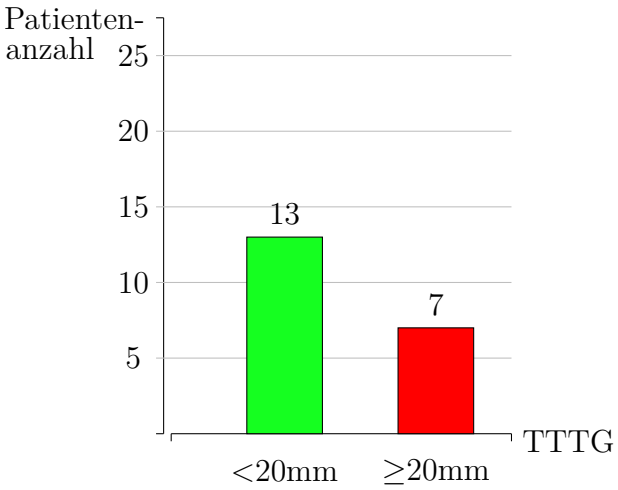


Abbildung 17: Pathologisch erhöhter Tuberositas tibiae - Trochlear groove - Abstand (TTTG-Abstand) bei $\geq$ 20 mm (rot), normaler TTTG-Abstand $<$ 20 mm (grün) (analysiert bei 20 Patienten vor Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments am Universitätsklinikum Ulm nach insuffizienter patellastabilisierender Voroperation von 2008-2011).

In 2 Fällen lag eine normal ausgebildete Trochlea vor, achtmal fand sich eine Trochleadysplasie Typ A, elfmal Typ B, fünfmal Typ C und zweimal Typ D (Abb. 18) [20].

Die Einteilung nach der Klassifikation von D. Dejour et al. [20] wurde bei einer intraoperativen Arthroskopie überprüft und die Gleitlager dabei dann in drei endgültige Gruppen eingeteilt: Keine Trochleadysplasie, eine Dysplasie Typ 1, was einer milden Dysplasie entspricht, oder eine Dysplasie Typ 2, was einer schweren Dysplasie entspricht. Dadurch

verringerte sich die Anzahl der schwerwiegenden Dysplasien von 18 von 28 (64,3%) auf 8 von 28 (28,6%) (Tabelle 1).

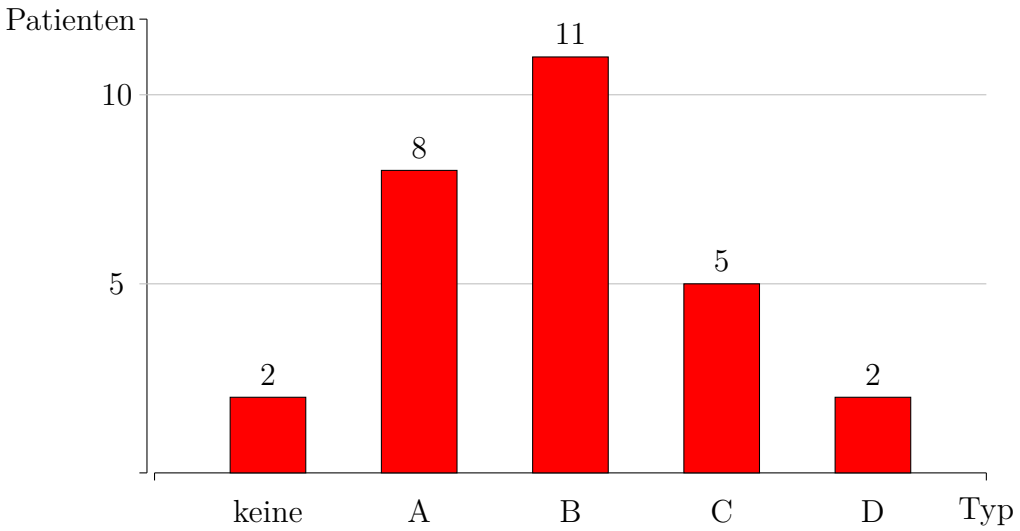


Abbildung 18: Anzahl und Einteilung der Trochleadysplasien nach der Klassifikation von D. Dejour et al. [20] bei Patienten vor Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments am Universitätsklinikum Ulm nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation von 2008 bis 2011.

Tabelle 1: Grad der Trochleadysplasie nach arthroskopischer Beurteilung im Vergleich zur Klassifikation nach D. Dejour et al. [20] bei Patienten bei Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments am Universitätsklinikum Ulm nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation von 2008 bis 2011.

	Keine	**Typ A**	**Typ B**	**Typ C**	**Typ D**	**Gesamt**
Keine	2	0	0	0	0	2
Typ 1	0	8	7	2	1	18
Typ 2	0	0	4	3	1	8
Gesamt	2	8	11	5	2	28

Alle Patienten wurden vor der MPFL-Rekonstruktion mind. ein Mal voroperiert. Davon erfolgte in 22 von 28 Fällen nur eine patellastabilisierende Voroperation und in 6 von 28 Fällen >1 Voroperation (Abb. 19).

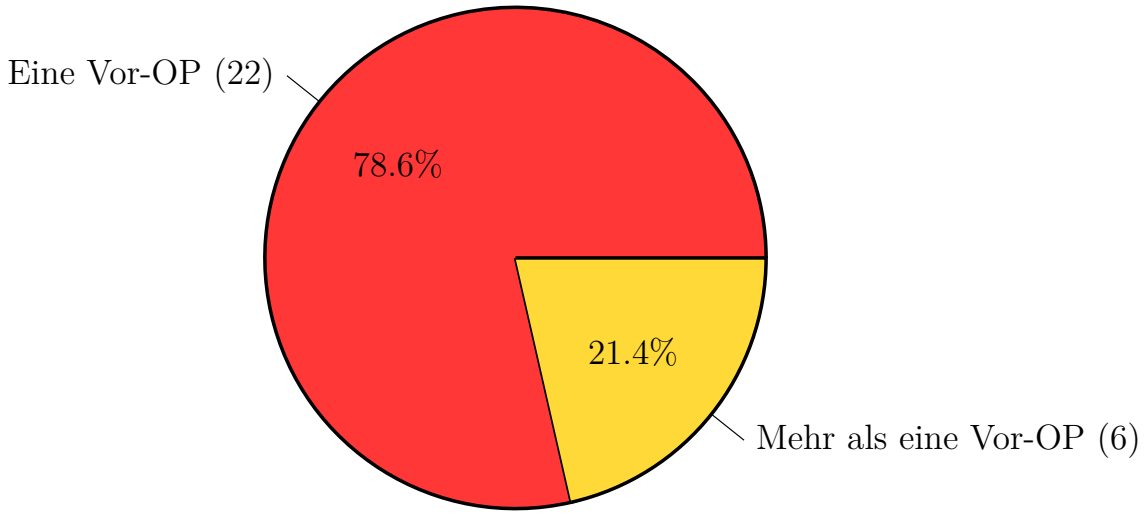


Abbildung 19: Anzahl der Voroperationen der Patienten mit Zustand nach Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008 bis 2011. Rot: eine Voroperation, gelb: mehr als eine Voroperation.

Die stabilisierenden Eingriffe vor der MPFL-Rekonstruktion sind wie folgt aufgeteilt:
Bei 5 von 28 behandelten Knien (17,9%) erfolgte ein isoliertes „Laterales Release“, bei 2 von 28 Knien (7,1%) eine alleinige Raffung des medialen Retinakulums (davon ein Mal in offener Technik) und bei 1 von 28 Knien (3,6%) eine Naht des medialen Retinakulums mit der Methode nach Yamamoto.
Zwölfmal (42,9%) wurde ein kombinierter Weichteileingriff mit „Lateral Release“ und medialer Raffung durchgeführt. Ein Mal erfolgte hierbei die mediale Raffung in einem offenen Eingriff.
Bei 2 von 28 Operationen (7,1%) wurde das „Laterale Release“ mit einem anderen Eingriff kombiniert: bei 1 von 28 (3,6%) wurden mit der Methode nach Madigan zusätzlich der Vastus medialis distalisiert und bei 1 von 28 (3,6%) eine Medialisierung eines Teils der Patellasehne nach Goldthwait durchgeführt.
Bei 5 von 28 (17,9%) erfolgte eine Medialisierung der Tuberositas tibiae nach Elmslie-Trillat.
In einem Fall (3,6%) wurde die Tuberositas tibiae isoliert versetzt (Abb. 20).

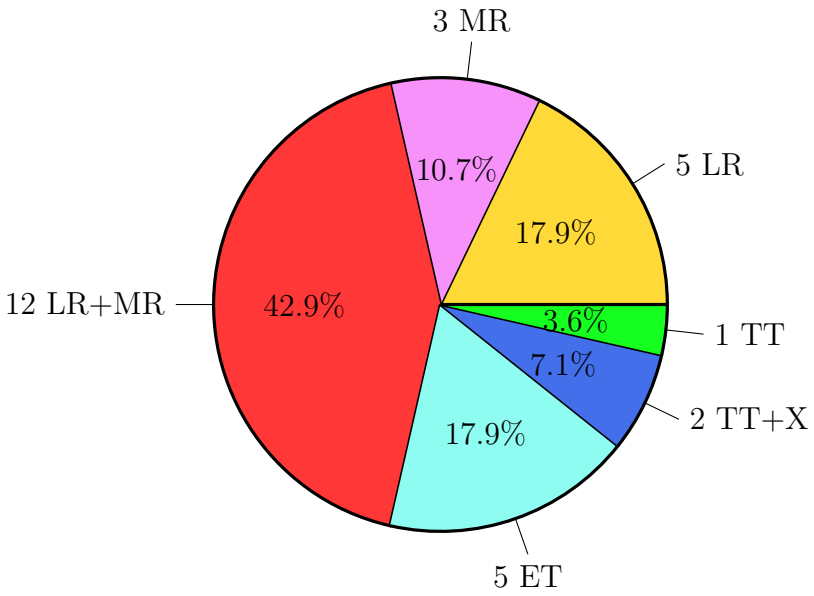


Abbildung 20: Verteilung der verschiedenen Voroperationen bei den Patienten mit Zustand nach Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008 bis 2011: LR (gelb): „Lateral Release“, MR (rosa): Mediale Raffung, ET (türkis): OP nach Elmslie-Trillat, TT (grün): Versetzung der Tuberositas tibiae, TT+X: Versetzung der Tuberositas tibiae plus verschiedene Eingriffe, LR+MR (rot): kombiniertes „Lateral Release“ mit medialer Raffung.

3.1 Klinisches Ergebnis

Bei insgesamt 28 Behandlungen waren die Patienten in 10 Fällen (35,7%) mit ihrem Ergebnis „sehr zufrieden“, 12 (42,9%) waren „zufrieden“ und 6 (21.4%) nur „mäßig zufrieden“. Keiner der Befragten war mit seiner Operation „nicht zufrieden“ (Abb. 21).

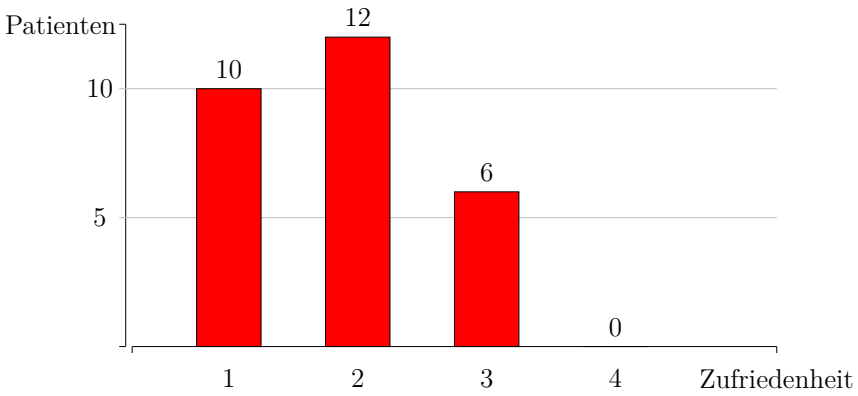


Abbildung 21: Zufriedenheit der Patienten mit der Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008 bis 2011. 1: sehr zufrieden, 2: zufrieden, 3: mäßig zufrieden, 4: nicht zufrieden.

Die zwei Patienten, bei denen jeweils beide Knie operiert wurden, gaben für beide Seiten die gleiche Zufriedenheit an („sehr zufrieden“ bzw. „mäßig zufrieden“). 92,3% (24 Patienten) würden den Eingriff erneut durchführen lassen, während 7,7% (2 Patienten) in Anbetracht ihres Ergebnisses die Operation im Nachhinein ablehnen würden.

Bei der Nachuntersuchung zeigte sich bei keinem Patienten ein positives „Apprehension sign “, während dieses vor der OP noch bei allen Patienten positiv war. Ein „J-Sign“ war präoperativ bei 10 von 28 Knien (35,7%) zu finden, postoperativ bei keinem.
Ein persistierendes Flexionsdefizit lag bei 1 von 28 Knien (3,6%) vor.

Für den Median des Kujala-Scores zeigte sich eine signifikante Verbesserung von einem präoperativen Wert von 61,0 (35 - 86) auf einen Follow-Up-Wert von 86,5 (52 - 100) ($p < 0,01$). Der Median des Lysholm-Scores verbesserte sich postoperativ ebenso signifikant($p < 0,01$) von 62,0 (32 - 84) auf 88,5 (45 - 100). Der Median des Tegner Aktivitätsscores verbesserte sich nicht signifikant von 3,5 (1 - 9) auf 4,0 (2 - 9)(Abb. 22).

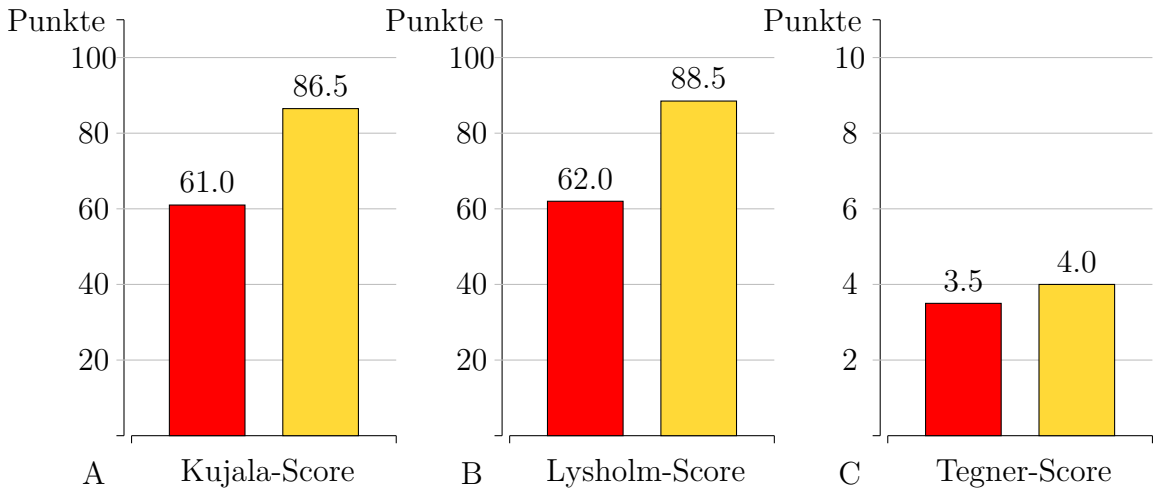


Abbildung 22: Median der einzelnen Scores vor der Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments und beim postoperativen Follow-Up nach $\geq$ 24 Monaten der Patienten nach fehlgeschlagener patellastabilisierender Voroperation am Universitätsklinikum Ulm von 2008 bis 2011:
Rot: Median präoperativ, Gelb: Median postoperativ.
A: Median des Kujala-Scores.
B: Median des Lysholm-Scores.
C: Median des Tegner-Scores.

Während weder das Geschlecht noch die Anzahl der Voroperationen einen nachweisbaren Einfluss auf das Operationsergebnis hatten, konnte ein geringer, aber dennoch signifikanter Einfluss des Alters zum Zeitpunkt der Operation auf die Änderung des Kujala-Scores festgestellt werden. Hier zeigte sich anhand der GEE für jüngere Patienten ein besseres Ergebnis ($p < 0{,}05$). Genauer gesagt wurde die Änderung des Kujala-Scores pro Zunahme des Alters zum Zeitpunkt der Operation um 1 Jahr um 0,34 Punkte kleiner.

3.2 Komplikationen

Die Art der Komplikationen wurde nach Shah et al. [64] in schwerwiegende und weniger schwerwiegende Komplikationen eingeteilt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Einteilung der Komplikationen nach Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments nach Shah et al. [64].

Major-Komplikationen	**Minor-Komplikationen**
Patellafraktur	Wundkomplikationen
postoperative Instabilität	
Flexionsdefizit	
Schmerzen	

Zu den schwerwiegenden Komplikationen zählen Patellafrakturen, postoperative Instabilität, ein Flexionsdefizit und Schmerzen. In unserem Patientenkollektiv wurden bei 2 von 28 Knien (7,1%) höhergradige postoperative Schmerzen angegeben und in einem Fall (3,6%) zusätzlich zu postoperativen Schmerzen ein Flexionsdefizit von 10°. Somit wurden bei insgesamt 3 von 28 Knien (10,7%) schwerwiegende Komplikationen festgestellt. Alle Patienten hatten nach der MPFL-Rekonstruktion im Follow-Up-Zeitraum eine stabile Patella ohne rezidivierende (Sub-)Luxationsneigung.
Bei insgesamt drei operierten Knien, eines davon eines der Knie mit persistierenden Schmerzen, zeigten sich direkt perioperativ Komplikationen. So musste eine Wundrevision, eine Infektsanierung und eine Kapselnaht erfolgen.
Insgesamt traten somit bei 5 von 28 Knien Komplikationen auf, was einer Komplikationsrate von 17,9% entspricht.

Desweiteren ereignete sich postoperativ keine Patellafraktur, keine tiefe Venenthrombose und keine mediale Instabilität. Zudem lag auch kein Extensionsdefizit vor.

4 Diskussion

In dieser Arbeit wurden 26 Patienten und insgesamt 28 Kniegelenke nach einer isolierten Rekonstruktion des MPFL nachuntersucht. Es wurden nur Patienten betrachtet, die im Vorfeld mind. eine die Patella stabilisierende Voroperation hatten (z.B. „Lateral Release“ mit kombinierter medialer Raffung) und die MPFL-Rekonstruktion somit ein Revisionseingriff war.

Ziel der Studie war es, das Ergebnis des operativen Eingriffs subjektiv und objektiv mithilfe verschiedener Knie-Scores zu erfassen. Zusätzlich wurde analysiert, welche Faktoren das Operationsergebnis beinflusst haben könnten. Hier wurde besonders auf das Alter zum Zeitpunkt der Operation, das Geschlecht, die Zahl der Voroperationen und die anatomischen Risikofaktoren (Trochleadysplasie, Patella alta, TTTG-Abstand) Wert gelegt.

Das wichtigste Ergebnis dieser Studie ist, dass die anatomische Rekonstruktion des MPFL als Revisonseingriff ein effektiver operativer Eingriff bei rezidivierender patellofemoraler Instabilität mit hoher Patientenzufriedenheit ist. Hierbei ist aber auf die oben beschriebene exakte Operationstechnik zu achten, um die Komplikationsrate möglichst gering zu halten. Diese lag in unserer Untersuchung bei 10,7% für schwerwiegende Komplikationen.

4.1 Therapieversagen der Voroperationen

Bei unseren Patienten wurde die MPFL-Rekonstruktion als Revisionseingriff notwendig, da das Ergebnis der Voroperationen in allen Fällen unbefriedigend war (rezidivierende Instabilität, persistierende Schmerzen).
Bei 2 der 28 Knie ereignete sich die Reluxation im Rahmen eines Traumas. Hier lässt sich somit kein direkter Rückschluss auf die Ursache des Operationsversagens ziehen.

Wegen der unbefriedigten Ergebnisse muss die Indikationsstellung bzw. Effektivität der verschiedenen Voroperationen beim untersuchten Patientenkollektiv in Frage gestellt werden. Insgesamt zeigt sich auch in der Literatur eine hohe Reluxationsrate nach verschiedenen stabilisierenden Eingriffen [3, 18].
Die Ergebnisse dieser werden im Folgenden näher analysiert:

- „Lateral Release“
  Ein isoliertes „Lateral Release“ wurde bei fünf unserer Patienten durchgeführt. In der Literatur zeigten sich unbefriedigende Ergebnisse, weshalb es als isolierter Eingriff keine Anwendung mehr findet [17]. Ein alleiniges „Lateral Release“ steigert nicht nur die mediale patellofemorale Instabilität, sondern erhöht auch die Gefahr einer lateralen patellaren (Sub-)Luxation [15, 16, 37].
  Die zunächst hohe Patientenzufriedenheit nahm im Verlauf ab und führte in bis zu 40% der Fälle im Zeitraum von max. 8 Jahren zu rezidivierenden (Sub-)Luxationen [3, 16, 17].

- Mediale Raffung
  Bei der Indikationsstellung für eine mediale Raffung muss zunächst untersucht werden, an welcher Stelle des MPFL die Schädigung vorliegt. In der Literatur gibt es verschiedene Daten bzgl. der Rupturlokalisation des MPFL nach lateraler Dislokation. Eine Läsion im patellaren Bereich liegt in 12% - 47% der Fälle, eine im femoralen Bereich in 26% - 56% der Fälle vor [31, 79]. Bei einer Fehlbeurteilung kann es fälschlicherweise ausschließlich zu einer Reparatur des patellaren Endes kommen, obwohl das Band zusätzlich an einer anderen Stelle beschädigt ist. Das kann eine erneute Instabilität verursachen [56].
  Auch ist es möglich, dass es bei der Durchführung der medialen Raffung zu einer

zu starken Spannung des medialen Bandapparates kommt, die in einer vermehrten Degeneration des Gelenks münden kann [44].

- Versetzung der Tuberositas tibiae bzw. Operation nach Elmslie-Trillat
  Bei allen Eingriffen bei unseren Patienten an der Tuberositas tibiae handelte es sich um Medialisierungen. Meist erfolgte zusätzlich ein Weichteileingriff in Form einer medialen Raffung bzw. eines „Lateral Release".
  Bei der Medialisierung der Tuberositas tibiae muss darauf geachtet werden, dass diese nicht zu weit nach medial gebracht wird. Bei einer zu starken Medialisierung kann sich biomechanisch der Kontaktdruck auf die mediale Patellafläche und das mediale Kompartiment erhöhen [39]. Die daraus resultierenden degenerativen Veränderungen treten aber auch schon bei geringerer Versetzung der Tuberositas tibiae auf [27]. Eine kleine Bewegung der Tuberositas führt also zu großen Veränderungen der medial-lateralen Balance, also zu veränderter Belastung der einzelnen Kompartimente.
  Deshalb sollte vor dem operativen Eingriff der Knorpelstatus gut untersucht werden. Denn das Ergebnis ist bei schon im Vorfeld bestehenden Abnutzungserscheinungen vor allem in Bezug auf postoperative Schmerzen schlechter als ohne vorliegende Degeneration [47].
  Insgesamt ist nach der Versetzung der Tuberositas tibiae weniger die rezidivierende Instabilität als vielmehr die persistierende Schmerzsymptomatik ein Problem [22].

- Operation nach Madigan
  In computeranimierten Modellen reduzierte eine Erhöhung der Kraft des Vastus medialis den lateralen patellaren Tilt. Trotzdem zeigt sich in der Literatur, dass die Versetzung des Vastus medialis nur geringen Einfluss sowohl auf die durchschnittliche als auch auf die maximale Belastung der Patella hat. So führt dieser Eingriff nicht immer zu weniger Schmerzen im postoperativen Verlauf [24]. Aus einer theoretischen Perspektive verändert eine Versetzung des Vastus medialis die Richtung der Muskelaktivität zu einem mehr vertikalen Alignment. Dies verringert den stabilisierenden Effekt des Muskels [27].

- Operation nach Roux-Goldthwait
  Um die offene Wachstumsfuge bei Kindern nicht zu beschädigen, wird zur Sta-

bilisierung der Patella die Methode nach Roux-Goldthwait angewendet. Bei diesem Eingriff kann nachfolgend ein erhöhter Druck auf das mediale Kompartiment des Patellofemoralgelenks auftreten. Dadurch kann der Knorpel geschädigt werden und es können rezidivierenden Schmerzen auftreten. Zudem kann es zu einer Verkürzung der Patellasehne kommen. Der genaue Mechanismus dabei ist aber nicht bekannt. Diese Verkürzung führt möglicherweise auch zu einer erhöhten Belastung des patellofemoralen Gelenks mit damit verbundenen degenerativen Veränderungen [1].

Allen diesen Eingriffen ist gemeinsam, dass sie die zugrundeliegenden Pathoanatomien nicht oder nur teilweise korrigieren. So wird durch diese z.B. weder eine eventuell vorhandene Trochleadysplasie behoben noch der häufig beschädigte mediale Bandapparat ausreichend stabilisiert [1, 16, 50, 56].

Deshalb ist es wichtig, dass die Operationsmethode individuell auf den Patienten und vor allem auf die vorliegenden Risikofaktoren (Trochleadysplasie, erhöhter TTTG-Abstand, Patella alta) abgestimmt wird [50, 64].
Bei rezidivierender patellofemoraler Instabilität ist im Vergleich zu stabilen Kniegelenken häufiger eine Trochleadysplasie zu finden.
In einer Studie von Köhlitz et al. [35] fand sich bei 65,6% der Patienten mit patellofemoraler Instabilität eine Trochleadysplasie, dagegen aber nur bei 4,3% der Kontrollgruppe. Balcarek et al. [6] gaben bei der Patientengruppe an, dass 74,0% an einer Trochleadysplasie litten. In der Kontrollgruppe hatten nur 30,1% eine Dysplasie und diese zeigte auch ein geringeres Ausmaß (nur Typ A).
Daraus folgt, dass die Trochleadysplasie ein Risikofaktor für eine patellofemorale Instabilität ist. Köhlitz et al. [35] gaben für Patienten mit Trochleadysplasie sogar ein 36-fach erhöhtes Risiko für eine patellofemorale Dislokation an [35].

Nam et al. [48] berichteten nach einer minimal-invasiven medialen Raffung bei 23 Patienten von einem Fall von rezidivierender Instabilität. Dieser Patient war zugleich unter den 47% der Patienten mit Trochleadysplasie. Diese Zahlen erschienen aber nicht ausreichend, um einen kausalen Zusammenhang zwischen dem Versagen des operativen Eingriffs und dem Vorliegen einer Trochleadysplasie zu definieren.
Nelitz et al. [50] untersuchten Patienten, die nach verschiedenen Stabilisierungsopera-

tionen an einer rezidivierenden Instabilität litten. Sie fanden bei 97% eine Trochleadysplasie. Nur 5 von 37 Patienten hatten keine oder nur eine milde Trochleadysplasie (Typ A), allerdings 32 von 37 eine höhergradige Dysplasie (Typ B - D). In der Kontrollgruppe ohne rezidivierende Instabilität nach einem stabilisierenden Eingriff lag die Häufigkeit für eine Dysplasie bei 21%, wobei es sich hierbei max. um eine Dysplasie Typ B nach D. Dejour handelte.
Bei 26 von 28 von uns untersuchten Knien (93,9%) lag eine Trochleadysplasie vor. In 18 von 28 Fällen handelte es sich um eine höhergradige Dysplasie (Typ B - D) nach D. Dejour et al. [20].

Unsere Werte passen damit zu den Ergebnissen in der Literatur und lassen darauf schließen, dass eine Trochleadysplasie zusätzlich auch das Risiko für unbefriedigene Operationsergebnisse erhöht.

Zur Bestimmung der Patellahöhe wurde der ISI angewendet, der Median lag bei 1,1. Bei 3 von 28 Knien (10,7%) wurde eine Patella alta mit einem ISI $\geq$ 1,3 festgestellt.
Balcarek et al. [6] diagnostizierten bei 23 von 73 Patienten (31,5%) eine Patella alta bei einem Mittelwert des ISI von 1,2 $\pm$ 0,2, während der Mittelwert in der Kontrollgruppe bei 1,0 $\pm$ 0,2 lag und nur in 8 von 73 Fällen (10,9%) eine Patella alta festgestellt wurde. Köhlitz et al. [35] ermittelten bei patellarer Instabilität einen mittleren ISI von 1,4 $\pm$ 0,2, wobei 123 von 186 (66,1%) eine Patella alta hatten. Dagegen war der Mittelwert in der Kontrollgruppe nur 1,2 $\pm$ 0,2 und 33,9% zeigten eine Patella alta. Das zeigt, dass auch bei asymptomatischen Knien ein Patellahochstand vorliegen kann.
Eine Patella alta lag somit bei unserem Patientenkollektiv nicht häufiger vor, als bei Patienten aus Kontrollgruppen oder bei Patienten mit patellofemoraler Instabilität ohne vorangegangenen operativen Eingriff [6, 35].

Der mediane TTTG-Abstand lag bei unseren Patienten bei 16,8 mm. Bei 7 von 20 Patienten (35%) war der TTTG-Abstand $\geq$ 20 mm, bei 4 von 20 (20%) $>$ 20 mm.
Köhlitz et al. [35] berichteten von einem TTTG-Abstand von 9,9 $\pm$ 4,1 mm in der Kontrollgruppe und einem Abstand von 14,7 $\pm$ 5,6 mm in der Studiengruppe. Insgesamt berichteten sie von einem pathologischen Wert bei 29 von 186 Patienten (15,6%), wobei sie den Grenzwert bei $>$ 20 mm wählten. Das Patientenkollektiv in einer Studie von Song et al. [68] zeigte einen TTTG-Abstand von 15,8 $\pm$ 4,4 mm, bei 55% der Patienten

war der TTTG-Abstand $\geq$ 15 mm.
H. Dejour et al. [21] erhielten in ihrer Kontrollgruppe einen TTTG-Abstand von 12,7 $\pm$ 3,4 und einen pathologischen Wert $\geq$ 20 mm bei 3,5%. Bei den Patienten mit patellofemoraler Instabilität lag der mittlere TTTG-Abstand bei 19,8 $\pm$ 1,6 mm und war bei 56% $\geq$ 20 mm.
Auch beim TTTG-Abstand zeigten sich bei unseren Patienten keine stark abweichenden Werte im Vergleich zu Patienten mit patellofemoraler Instabilität ohne Revisionseingriffe [21, 35, 68].

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass weder ein erhöhter TTTG-Abstand noch eine Patella alta direkt mit einem erhöhten Risiko für ein Therapieversagen der MPFL-Rekonstruktion in Verbindung gebracht werden können.

4.2 Erfolg der isolierten Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) und deren Indikation

In der Literatur wird eine Vielzahl an operativen Versorgungsmöglichkeiten bei patellofemoraler Instabilität beschrieben [3, 21, 52, 64, 69].
Die Rekonstruktion des MPFL hat sich in den letzten Jahren als Standardtherapie durchgesetzt.
Unsere Behandlung mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion brachte ein gutes klinisches Ergebnis. Dies zeigte sich durch statistisch signifikante Verbesserungen im Kujala- und im Lysholm-Score, eine Verbesserung des Tegner-Scores (allerdings nicht signifikant) sowie durch die hohe Patientenzufriedenheit. Bei 22 von 28 behandelten Knien gaben die Patienten an, mit dem Ergebnis zufrieden bzw. sehr zufrieden zu sein und 24 von 26 Patienten würden den Eingriff erneut durchführen lassen.

Die Ergebnisse dieser Studie sind zum Großteil vergleichbar mit früher publizierten Arbeiten über die MPFL-Rekonstruktion als primären Eingriff bei patellarer Instabilität.

Die Verbesserung des Kujala-Scores wird in der Literatur mit einer signifikanten Steigerung von präoperativ 45,0 - 70,0 auf postoperativ 81,7 - 96,0 angegeben [4, 33, 53, 60, 68, 71, 75].

Auch der Lysholm-Score verbesserte sich in den publizierten Arbeiten signifikant von präoperativ 49,2 - 70,0 auf 88,7 - 92,1 postoperativ [4, 68, 71, 78].

In der Literatur fand sich eine signifikante Verbesserung des Tegner-Scores von präoperativ 3,0 - 3,6 auf 5,0 - 5,6 postoperativ [4, 68, 71].
In unserer Arbeit verbesserte sich der Tegner-Score dagegen nicht signifikant von 3,5 auf 4,0. Die vergleichsweise geringe Verbesserung des Tegner-Scores bei unserem Patientenkollektiv hat verschiedene Gründe. Fünf Patienten gingen aufgrund von Zeit- bzw. Motivationsmangel weder vor noch nach den Operationen sportlichen Aktivitäten nach und blieben somit konstant auf einem niedrigen Aktivitätslevel.
Desweiteren hatten alle Patienten schon die Erfahrung einer postoperativ rezidivierenden Instabilität der Patella gemacht und gaben daher an, dass sie auch nach der MPFL-Rekonstruktion Angst vor einem Rezidiv hätten. Deshalb schränkten sie entweder ihre sportlichen Aktivitäten ein oder wechselten zu Sportarten mit geringerer Belastung des patellofemoralen Gelenks.
Zusätzlich lag in unserer Studie bei 18 von 28 (64,3%) eine höhergradige Trochleadysplasie (Typ B - D nach D. Dejour) und bei 8 von 28 (28,6%) eine arthroskopisch gesicherte höhergradige Trochleadysplasie vor. Für diese Patienten ist die Wahrscheinlichkeit, ein gutes Ergebnis nach einer Patellastabilisierung zu erreichen, geringer als bei Patienten ohne oder nur mit geringer Trochleadysplasie [50].
So verbesserte sich die sportliche Aktivität kaum, obwohl eine hohe Patientenzufriedenheit (78,6% der Knie wurden als zufriedenstellend bzw. sehr zufriedenstellend beurteilt) und eine subjektive und objektive Patellastabilität erreicht wurde.

In der einzigen uns bekannten Studie, in der MPFL-Rekonstruktionen auch als Revisionseingriff analysiert wurden, zeigten Kohn et al. [36] jeweils verbesserte Knie-Scores für die Patientengruppe mit einer alleinigen MPFL-Rekonstruktion: Der Kujala-Score stieg signifikant von präoperativ 58 auf postoperativ 91, der Tegner-Score von präoperativ 2 auf postoperativ 6. Da keine nähere Aussage über das Aktivitätslevel der Patienten getroffen wurde, kann die Ursache für die in diesem Fall signifikante Verbesserung nicht

beurteilt werden. Ein Grund für die hier besseren Ergebnisse kann sein, dass in der Gruppe der Patienten mit alleiniger MPFL-Rekonstruktion in dieser Studie nur Patienten ohne bzw. mit Typ A Trochleadysplasie untersucht wurden.

Somit war die isolierte MPFL-Rekonstruktion insgesamt auch als Revisionseingriff eine erfolgreiche Behandlung bei rezidivierender patellofemoraler Instabilität. Die Wirksamkeit ist dabei mit der Wirksamkeit beim Einsatz als Primäreingriff vergleichbar.

Es gibt verschiedene Argumente, die bei unseren Patienten für die Indikationsstellung einer isolierte MPFL-Rekonstruktion herangezogen wurden.

Ein Hauptgrund ist die wichtige Funktion des MPFL zur Stabilisierung der Patella. Das MPFL ist der primäre statische Weichteilstabilisator der Patella gegenüber einer lateralen Dislokation [5, 58, 60]. Bei Beginn der Flexion des Kniegelenks aus Extensionsstellung wendet das MPFL bis zu 60% des medialen Wiederstandes gegen eine laterale Luxation auf [58, 60]. So hat es vor allem während der ersten 30° der Flexion entscheidenden Einfluss [10, 58].

Ein weiterer Grund ist, dass das MPFL laut Literatur bei einer Erstluxation der Patella in bis zu 100% der Fälle beschädigt wird, da das Kollagengewebe der starken Dehnung nicht standhalten kann [5, 12, 60]. Im Anschluss daran erleiden nach konservativer Therape bis zu 44% der Patienten eine Reluxation [12].
Zu einem hohen Prozentsatz ist diese durch ein insuffizientes MPFL bedingt [72].

Außerdem weist die aktuelle Literatur auf, dass für eine MPFL-Rekonstruktion im Vergleich mit anderen Techniken zur Patellastabilisierung gleiche oder bessere funktionelle Ergebnisse und weniger perioperative Komplikationen vorliegen [12, 33].
Allgemein betrachtet liefert die MPFL-Rekonstruktion also eine geringe Komplikationsrate, ein niedriges Redislokationsrisiko und einen signifikanten Anstieg der Kniefuktionsscores.

Allerdings adressiert die Rekonstruktion des MPFL ausschließlich den medialen Bandapparat des patellofemoralen Gelenks. Knöcherne und neuromuskuläre Faktoren, wie Trochleadysplasie, Patella alta, ein erhöhter TTTG-Abstand oder die Extensorenloge bleiben unberücksichtigt. Dennoch kann eine alleinige MPFL-Rekonstruktion laut Lite-

ratur trotz vorliegender anatomischer Pathologien erfolgreich sein:

Wagner et al. [75] erreichten sowohl bei einer leichten Trochleadysplasie als auch bei einer Patella alta einen signifikanten Anstieg des Kujala-Scores von 65 - 72 auf 86 - 89. Lediglich bei einer schwergradigen Trochleadysplasie lag eine nicht signifikante Verbesserung von 69 auf 79 Punkte vor.

Steiner et al. [71] berichteten von signifikanten Anstiegen aller Kniescores (Kujala-Score, Lysholm-Score, Tegner-Aktivitätsscore) unabhängig vom Vorliegen und dem Grad der Trochleadysplasie. Es ereignete sich zusätzlich keine Reluxation im Follow-up-Zeitraum.

In unserer Studie wiesen 26 von 28 Knien eine Trochleadysplasie auf.
In der Literatur gibt es keine eindeutige Meinung bezüglich der Indikation für eine Trochleaplastik.
Schöttle et al. [62] sahen die Indikation für eine Trochleaplastik, wenn alle radiologischen Zeichen einer Trochleadysplasie vorhanden sind und in der Vorgeschichte mind. zwei Dislokationen bzw. eine Dislokation mit positivem „Apprehension sign“ vorliegt.
Nach von Knoch et al. [74] ist eine Trochleaplastik bei rezidivierender Patelladislokation, dem Vorliegen eines positiven „Apprehension signs“ und der Bestätigung der Dysplasie auf Röntgenbildern indiziert.
Bei bestehender patellofemoraler Instabilität empfahlen D. Dejour et al. [20] bei einer Dysplasie Typ B und D eine vertiefende Trochleaplastik. Bei einer Dysplasie Typ C kann eine Anhebung der lateralen Trochleafacette in Betracht gezogen werden. Bei Vorliegen einer Trochleadysplasie Typ A ist keine Trochleaplastik indiziert [20, 49].

Zusätzlich zur Beurteilung der Trochlea mithilfe von Röntgen- und MRT-Aufnahmen wurde die Trochlea in unserer Studie auch bei der intraoperativen Arthroskopie dargestellt und das Ergebnis bei der Indikationsstellung für eine Trochleplastik berücksichtigt.

Hier unterscheiden Nelitz et al. [51] prinzipiell zwei Gruppen. Bei einer Dysplasie Typ 1 ist noch eine Restmuldung der Trochlea vorhanden und dadurch keine Indikation für eine Trochleplastik gegeben. Typ 2 entspricht einer schwerwiegenden Trochleadysplasie, bei der zur sicheren Stabilisierung der Patella in der Gleitrinne eine Trochleplastik indiziert ist.

Kontraindikation für eine Trochleaplastik sind eine offene Wachstumsfuge oder degenerative Veränderungen der Trochlea [20].

8 der 26 Kniegelenke mit Trochleadysplasie hatten eine Dysplasie Typ A, welche keine Indikation für eine Trochleaplastik darstellt. Von den restlichen 18 Knien zeigte sich in zehn Fällen in der intraoperativen arthroskopischen Untersuchung eine Trochleadysplasie Typ 1 mit Restmuldung der Trochlea, sodass keine Indikation für eine Trochleaplastik gestellt wurde. So lag bei acht Patienten eine Trochleadysplasie Typ 2 vor, bei der eigentlich die Indikation für eine Trochleplastik zu stellen ist. Bei sechs Patienten fanden sich jedoch bei der Arthroskopie schwerwiegende degenerative Veränderungen von Trochlea und retropatellarem Knorpel, sodass keine Indikation für eine Trochleaplastik gestellt wurde. In einem Fall lag durch eine offene Wachstumsfuge eine Kontraindikation vor und ein Patient, bei dem die Indikation für eine Trochleaplastik gegeben war, lehnte diesen Eingriff schon im Vorfeld ab.

In der Literatur wird eine Medialisierung der Tuberositas tibiae ab einem TTTG-Abstand >20 mm empfohlen [21, 65]. Eine Distalisierung ist bei einem CDI >1,2 bzw. einem ISI >1,3 indiziert [65]. Wichtig ist, dass der Status des Gelenkknorpels berücksichtigt wird. Bei degenerativen Veränderungen fiel auch das postoperative Ergebnis schlechter aus [34]. Bei unseren Patienten mit einem erhöhten TTTG-Abstand bzw. einer Patella alta wurde aufgrund der nur geringen Erhöhung bzw. aufgrund der arthroskopischen Untersuchung auf einen Kombinationseingriff mit Versetzung der Tuberositas tibiae verzichtet.

Sowohl die beiden Patienten mit einer Trochleadysplasie Typ D als auch die Patienten mit einem erhöhten TTTG-Abstand bzw. einer Patella alta waren mit der Operation zufrieden bzw. sehr zufrieden und zeigten auch bei den Kniescores keine schlechteren Ergebnisse als das übrige Patientenkollektiv.

Die Patienten, die ihr Ergebnis nur als mäßig zufriedenstellend beurteilten, hatten keine schwerwiegenden anatomischen Risikofaktoren.

So lässt sich folgern, dass auch bei unserem Patientenkollektiv trotz vorliegender anatomischer Risikofaktoren eine isolierte MPFL-Rekonstruktion erfolgreich ist.

4.3 Komplikationen und Probleme der Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL)

Trotz der guten Ergebnisse der MPFL-Rekonstruktion treten verschiedene Komplikationen auf, die in der Literatur analysiert wurden.
In einer Analyse der in der Literatur beschriebenen Komplikationen nach MPFL-Rekonstruktion stellten Shah et al. [64] bei 629 betrachteten Knien eine Komplikationsrate von 26,1% fest. Hier wurden die Komplikationen nach Schweregrad unterteilt. Schwerwiegende Komplikationen waren Patellafrakturen, persistierende Instabilität, eine eingeschränkte Knieflexion und persistierende Schmerzen. Weniger schwere Komplikationen waren Revisionseingriffe bei Wundheilungsstörungen, bei Verlust der Kniebeweglichkeit oder zur Entfernung störender Materialien im OP-Bereich (z.B. Schrauben). 32% der erfassten Komplikationen waren ein postoperativ positives Apprehension-Sign. Eine erneute Luxation bzw. Subluxation trat bei 3,7% aller Patienten auf und stellte somit 14% der Gesamtkomplikationen dar.
In vielen der untersuchten Studien wurde nach Shah et al. [64] nicht nach der Ursache für die rezidivierende Instabilität gesucht. Mögliche Ursachen sind eine zu geringe Sehnentransplantatspannung, eine erneuten Ruptur des Transplantats oder nicht berücksichtigte Risikofaktoren wie ein erhöhter TTTG-Abstand, eine Patella alta oder eine höhergradige Trochleadysplasie. Die Autoren empfahlen deshalb eine genaue präoperative Evaluation der vorhandenen Risikofaktoren, um diese mit dem Ergebnis und den Komplikationen in Verbindung stellen zu können [64].

Auch in unserer Studie traten Komplikationen auf. Zwar war die Patella, wie in Kapitel 3.2 auf S. 34 beschrieben, nach der Operation bei allen Patienten stabil, doch lag die Gesamtkomplikationsrate bei 17,9%. Nach der Einteilung von Shah et al. [64] wurden bei 3 von 28 Knien (10,7%) schwerwiegende Komplikationen (postoperative, die Alltagsaktivitäten einschränkende Schmerzen und eine persitierende Flexionsminderung) festgestellt. Bei insgesamt drei operierten Knien, eines davon eines der Kniegelenke mit persistierenden Schmerzen, zeigten sich direkt perioperativ Komplikationen. So musste eine Wundrevision, eine Infektsanierung und eine Kapselnaht erfolgen.

In unserer Studie zeigte sich kein erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen bei Vorliegen anatomischer Risikofaktoren wie einer Trochleadysplasie, einer Patella alta oder einem erhöhten TTTG-Abstand.

Zusätzlich zu den pathoanatomischen Aspekten wurden weitere Ursachen häufig untersucht:

Eine Ursache für einen komplikationsträchtigen Verlauf kann im präoperativen Knorpelstatus des Gelenks gefunden werden.
Ronga et al. [60] berichteten von einer Komplikationsrate von 17,9%. Diese kam durch rezidivierende Instabilität und patellofemorale Schmerzen zustande. Ihrer Meinung nach sollte vor allem in Bezug auf postoperative Schmerzen eine präoperativ vorliegende patellofemorale Arthritis als Risikofaktor für schlechtere Ergebnisse berücksichtigt werden.

Nomura et al. [53] assoziierten fortbestehende Schmerzen mit einem präoperativ schlechten Knorpelstatus. Deshalb rieten die Autoren dazu, die Operation bei noch intaktem Knorpel durchzuführen.

Mit zunehmendem Alter ist der Knorpel schon über längere Zeit Belastungen ausgesetzt und die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen von degenerativen Knorpelveränderungen steigt. Passend hierzu zeigte sich in unserer Studie bei älteren Patienten ein schlechteres Ergebnis als bei jüngeren.
Dies zeigt sich zum einen am Median des Alters der Patienten, die ihr Operationsergebnis mit „mäßig zufrieden“ angaben. Dieser lag bei 31,0 Jahren. Im Vergleich dazu lag er beim gesamten Patientenkollektiv bei 20,4 Jahren (11,7 - 43,3).
Zum anderen korreliert ein höheres Alter hier statistisch signifikant mit einem schlechteren Ergebnis des postoperativen Kujala-Scores.
Dieser Aspekt kann ein Grund dafür sein, dass das Risiko für weniger zufriedenstellende Ergebnisse nach MPFL-Rekonstruktion mit zunehmendem Alter und dem damit verbundenen erhöhten Vorliegen einer degenerativen Knorpelveränderung steigt.

In den übrigen Studien wurden Fehler sowohl bei der Spannung als auch bei der femoralen Positionierung des Sehnentransplantats als Ursache für postoperative Komplikationen in den Mittelpunkt gerückt.

Parikh et al. [55] stellten bei 179 Knien eine Komplikationsrate von 16,2% fest. Ein besonders hohes Komplikationsrisiko zeigten Frauen und Patienten mit bilateralen Eingriffen.
In der Nachuntersuchung der Ergebnisse zeigte sich, dass 47% der Komplikationen (rezidivierende laterale Instabilität, Flexionsdefizit, Patellafraktur oder patellofemorale Arthrose oder Schmerzen) aufgrund von operationstechnischen Ungenauigkeiten aufgetreten waren und somit verhinderbar gewesen wären.

Ein häufiger Fehler war hierbei ein zu weit anterior und/oder proximal positionierter femoraler Transplantattunnel. Dies führte zu verschiedenen Problemen:
Zum einen verstärkte sich dadurch die Belastung des Gelenkknorpels. Dies führt zu einer vermehrten Schädigung des Knorpels mit häufiger auftretenden Knieschmerzen [55]. Wenn zusätzlich noch das Transplantat etwas zu kurz gewählt wird, verdoppelt sich der Druck auf die mediale Patellafacette [25].
Zum anderen ist dadurch das Sehnentransplantat in Flexion zu stark gespannt. Dadurch kann das Transplantat überdehnt werden oder eine Flexionseinschränkung auftreten [55].

Technische Ungenauigkeiten als Ursache für postoperative Komplikationen gaben auch Tanaka et al. [72] an. Ein zu stark gespanntes Sehnentransplantat kann aber nicht nur durch eine Fehlplatzierung des femoralen Insertionspunkts, sondern auch durch eine falsche Dehnung des MPFL-Transplantats während der Fixierung auftreten. Dies führt ebenso zu erhöhtem Druck auf das mediale Kompartiment. Daraus resultieren Schmerzen und es kommt möglicherweise zu einer medialen Subluxation der Patella [72].

Auch Shah et al. [64] schlossen aus ihren Ergebnissen, dass ein zu straff gespanntes Sehnentransplantat mit einer verminderten Kniebeweglichkeit einhergehen könnte, da es sich um eine nichtisometrische Kontraktion handelt.

Nomura et al. [53] untersuchten die Folgen eines falsch konstruierten femoralen Insertionspunkt des MPFL-Transplantats. Durch geringe Verschiebung des Insertionspunkts im Vergleich zur anatomischen Lage ergab sich eine große funktionelle Längenänderung der Sehne.

Wichtig für die finale Spannung des MPFL ist zusätzlich der Kniebeugungswinkel, unter

dem dieses fixiert wird. Insbesondere eine mangelnde Spannung des Sehnentransplantats aus Angst vor Überspannung derselben ist der Hauptfaktor für persistierende Instabilität. Allerdings darf das die Sehne auch nicht zu fest gespannt werden, da dies sonst zu Versagen des Transplantats führen kann [72].

Deshalb rieten Tanaka et al. [72] zu einen intraoperativen Vergleich mit dem kontralateralen Knie während der Transplantatfixierung. Dabei empfahlen sie, dass das rekonstruierte MPFL der Patella eine Translation um zwei bis drei Quadranten erlauben sollte, ohne die Patella zu stark in ihrer Bewegung einzuschränken.

Auch Parikh et al. [55] analysierten die Positionierung des Transplantats in Abhängigkeit von der Beugung während der Fixierung. So führt ein zu weit anterior positionierter femoraler Insertionspunkt mit einem in Flexion gespannten Transplantat zu einer zu schlaffen Sehne bei Extension. Dadurch erhöht sich die Luxationswahrscheinlichkeit im gestreckten Knie.

Shah et al. [64] berichteten von einer Überlegenheit derjenigen Eingriffe, bei denen das Transplantat in 30°-Flexion fixiert wurde gegenüber den Eingriffen, bei denen die Fixierung bei 60°-Flexion erfolgte.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden in unserer Studie bei der MPFL-Rekonstruktion verschiedene Punkte befolgt.
Zum einen wurde der femorale Insertionspunkt nach der Technik von Schöttle et al. [63] wie in Kapitel 2.5 auf S. 21 beschrieben unter intraoperativer Durchleuchtungskontrolle festgelegt. Dies ist besonders wichtig, da der femorale Insertionspunkt aktuell als ein sehr bedeutender Einflussfaktor auf den postoperativen retropatellaren Druck gilt [13, 25].
Zum anderen wurde das Knie während der Operation mit gespanntem Sehnentransplantat mehrfach von vollständiger Flexion bis zur vollständigen Extension durchbewegt. Anschließend wurde das Transplantat im femoralen Tunnel in 30°-Kniebeugung befestigt. Während der Befestigung wurde die Patella leicht nach lateral gedrückt, um eine zu starke mediale Spannung zu verhindern.

Durch die mehrfache Überprüfung des Transplantats und die Bildkontrolle des femoralen Insertionspunkts zeigte sich bei keinem unserer Patienten eine rezidivierende Instabilität der Patella. Allerdings wurde in unserer Studie bei einem Knie eine Minderung der

Knieflexion ohne schwerwiegende funktionelle Einschränkungen festgestellt. Hier liegt die Ursache vermutlich in einer erhöhten Grundstraffung des Sehnentransplantats.

Dieses Vorgehen ist folglich bei einer MPFL-Rekonstruktion empfehlenswert, um vermeidbaren Komplikationen in Bezug auf die Patellastabilität vorzubeugen.

4.4 Limitationen der Studie

Eine Schwäche unserer Studie ist, dass nur Patienten betrachtet wurden, bei denen eine Revision der Voroperation notwendig war. So kann keine Aussage über die generelle Erfolgsquote der Voroperationen getroffen werden. Zudem lässt sich trotz eines Follow-Ups von 24 Monaten keine Aussage über die Langzeitergebnisse treffen. Eine Stärke dieser Studie ist, dass bei allen Patienten eine isolierte MPFL-Rekonstruktion als Revisionseingriff durchgeführt wurde. Nach unserem Wissen ist dies dadurch die erste Untersuchung die mit einem derartigen Patientenkollektiv durchgeführt wurde. Des Weiteren wurden alle Operationen von einem Operateur durchgeführt. Das hat eine Homogenität des operativen Vorgehens zur Folge.

4.5 Schlussfolgerung

Insgesamt zeigen unsere Ergebnisse, dass die MPFL-Rekonstruktion als Revisionseingriff eine sichere Operationsmöglichkeit ist. Sie adressiert eine wichtige Pathologie, da das MPFL der wichtigste Weichteilstabilisator ist. Vorbestehende Knorpelschäden, die mit dem Alter und der Häufigkeit der Patellaluxationen korrelieren, können zu einem schlechteren OP-Ergebnis führen. Bei Auftreten einer patellofemoralen Instabilität ist eine genaue Analyse der vorliegenden Pathologien mithilfe von Röntgen, MRT sowie Arthroskopie notwendig, um die Operation individuell auf den Patienten abstimmen und notwendige Kombinationseingriffe durchführen zu können (z.B. die Kombination mit einer Trochleaplastik bei vorliegender Trochleadysplasie).

5 Zusammenfassung

Die patellofemorale Instabilität ist vor allem bei Kindern und Jugendlichen ein häufiges orthopädisches Krankheitsbild. Da nach einer Patellaluxation in bis zu 100% das mediale patellofemorale Ligament (MPFL) beschädigt ist, erfährt die MPFL-Rekonstruktion eine immer größer werdende Verbreitung.
In dieser Arbeit wurden die Ergebnisse von insgesamt 28 Knien von 26 Patienten nach einer isolierten MPFL-Rekonstruktion als Revisionseingriff erhoben. Hierzu wurden die Patienten klinisch untersucht und mit standardisierten Fragebögen interviewt. Dies diente der Evaluation des Operationserfolgs. Zudem sollte der Einfluss anatomischer Risikofaktoren sowie anderer Einflussgrößen (Alter, Voroperationen, Geschlecht) untersucht werden.
Unsere Behandlung brachte ein gutes Ergebnis, welches vergleichbar mit den Ergebnissen von MPFL-Rekonstruktionen als Primärtherapie in der Literatur war.
Einen negativen Zusammenhang mit dem Behandlungserfolg zeigte lediglich ein höheres Alter. Hier war sowohl die Patientenzufriedenheit als auch der postoperative Kujala-Score reduziert.

In unserer Arbeit zeigt sich, wie auch in der Literatur beschrieben, kein erhöhtes Komplikationsrisiko bei einer MPFL-Rekonstruktion bei Patienten mit anatomischen Risikofaktoren (Trochleadysplasie, Patella alta und erhöhter TTTG-Abstand). Bei vorliegender höhergradiger Trochleadysplasie muss dabei aber ein genauer arthroskopischer Gelenkstatus erhoben werden, um gegebenfalls die Indikation für eine Kombination mit einer Trochleaplastik zu stellen.

Abschließend lässt sich sagen, dass eine isolierte MPFL-Rekonstruktion als Revisionseingriff bei rezidivierender patellofemoraler Instabilität mit gleichem Erfolg wie in der

Primärtherapie angewendet werden kann. Bei Beachtung des präoperativen Gelenkstatus und der richtigen Transplantatfixierung (femoraler Insertionspunkt und Straffung der Sehne) ist die MPFL-Rekonstruktion auch bei Patienten mit anatomischen Risikofaktoren ein erfolgsversprechender Eingriff.

6 Literaturverzeichnis

[1] Äärimaa V, Ranne J, Mattila K, Rahi K, Virolainen P, Hiltunen A. Patellar tendon shortening after treatment of patellar instability with a patellar tendon medialization procedure. *Scand J Med Sci Sports*, 18:442–446, (2008).

[2] Aglietti P, Insall JN, Cerulli G. Patellar Pain and Incongruence: I: Measurements of Incongruence. *Clin Orthop Relat Res*, 176:217–224, (1983).

[3] Aglietti P, Buzzi R, De Biase P, Giron F. Surgical Treatment of Recurrent Dislocation of the Patella. *Clin Orthop Relat Res*, 308:8–17, (1994).

[4] Ahmad CS, Brown GD, Stein BS. The Docking Technique for Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: Surgical Technique and Clinical Outcome. *Am J Sports Med*, 37:2021–2027, (2009).

[5] Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP. Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee*, 10:215–220, (2003).

[6] Balcarek P, Ammon J, Frosch S, Walde TA, Schüttrumpf JP, Ferlemann KG, Lill H, Stürmer KM, Frosch KH. Magnetic Resonance Imaging Characteristics of the Medial Patellofemoral Ligament Lesion in Acute Lateral Patellar Dislocations Considering Trochlear Dysplasia, Patella Alta, and Tibial Tuberosity Trochlear Groove Distance. *Arthroscopy*, 26:926–935, (2010).

[7] Balcarek P, Jung K, Ammon J, Walde TA, Frosch S, Schüttrumpf JP, Stürmer KM, Frosch KH. Anatomy of Lateral Patellar Instability: Trochlear Dysplasia and

Tibial Tubercle-Trochlear Groove Distance Is More Pronounced in Women Who Dislocate the Patella. *Am J Sports Med*, 38:2320–2327, (2010).

[8] Balcarek P, Jung K, Frosch KH, Stürmer MK. Value of the Tibial Tuberosity-Trochlear Groove Distance in Patellar Instability in the Young Athlete. *Am J Sports Med*, 39:1756–1761, (2011).

[9] Barber FA, McGarry JE. Elmslie-Trillat Procedure for the Treatment of Recurrent Patellar Instability. *Arthroscopy*, 24:77–81, (2008).

[10] Bicos J, Fulkerson JP, Amis A. Current Concepts Review: The Medial Patellofemoral Ligament. *Am J Sports Med*, 35:484–492, (2007).

[11] Brunet ME, Brinker MR, Cook SD, Christakis P, Fong B, Patron L, O'Connor DP. Patellar Tracking During Simulated Quadriceps Contraction. *Clin Orthop Relat Res*, 414:266–275, (2003).

[12] Buckens CFM, Saris DBF. Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament for Treatment of Patellofemoral Instability: A Systematic Review. *Am J Sports Med*, 38:181–188, (2010).

[13] Camp CL, Krych AJ, Dahm DL, Levy BA, Stuart MJ. Medial Patellofemoral Ligament Repair for Recurrent Patellar Dislocation. *Am J Sports Med*, 38:2248–2254, (2010).

[14] Caton JH, Dejour D. Tibial tubercle osteotomy in patello-femoral instability and in patellar height abnormality. *Int Orthop*, 34:305–309, (2010).

[15] Christoforakis J, Bull AMJ, Strachan RK, Shymkiw R, Senavongse W, Amis AA. Effects of lateral retinacular release on the lateral stability of the patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14:273–277, (2006).

[16] Clifton R, Ng CY, Nutton RW. What is the role of lateral retinacular release? *J Bone Joint Surg Br*, 92-B:1–6, (2010).

[17] Colvin AC, v.West R. Patellar Instability. *J Bone Joint Surg Am*, 90:2751–2762, (2008).

[18] Cossey AJ, Paterson R. A new technique for reconstructing the medial patellofemoral ligament. *Knee*, 12:93–98, (2005).

[19] Debrunner AM, Jakob R. *Das Kniegelenk*. In: Debrunner AM (Hrsg) Orthopädie, 4.Aufl, Hans Bauer, Bern Göttingen Toronto, 1025-1105, (2002).

[20] Dejour D, Saggin P. The sulcus deepening trochleoplasty - the Lyon's procedure. *Int Orthop*, 34:311–316, (2010).

[21] Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2:19–26, (1994).

[22] Diks MJF, Wymenga AB, Anderson PG. Patients with lateral tracking patella have better pain relief following CT-guided tuberosity transfer than patients with unstable patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 11:384–388, (2003).

[23] Drenckhahn D, Eckstein F. *Kniegelenk*. In: Drenckhahn D (Hrsg) Anatomie, Bd 1, 17.Aufl, Urban&Fischer Elsevier, München, 365-376, (2008).

[24] Elias JJ, Cech JA, Weinstein DM, Cosgrea AJ. Reducing the Lateral Force Acting on the Patella Does Not Consistently Decrease Patellofemoral Pressures. *Am J Sports Med*, 32:1202–1208, (2004).

[25] Elias JJ, Cosgarea AJ. Technical Errors During Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Could Overload Medial Patellofemoral Cartilage: A Computational Analysis. *Am J Sports Med*, 34:1478–1485, (2006).

[26] Escala JS, Mellado JM, Olona M, Giné J, Saurí A, Neyret P. Objective patellar instability: MR-based quantitative assessment of potentially associated anatomical features. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14:264–272, (2006).

[27] Feller JA, Amis AA, Andrish JT, Arendt EA, Erasmus PJ, Powers CM. Surgical Biomechanics of the Patellofemoral Joint. *Arthroscopy*, 23:542–553, (2007).

[28] Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Silva P, Davis DK, Elias DA, White LM. Epidemiology and Natural History of Acute Patellar Dislocation. *Am J Sports Med*, 32:1114–1121, (2004).

[29] Frosch S, Balcarek P, Walde TA, Schüttrumpf JP, Wachowsid MM, Ferleman KG, Stürmer KM, Frosch KH. Die Therapie der Patellaluxation: eine systematische Literaturanlyse. *Z Orthop Unfall*, 149:630–645, (2011).

[30] Fulkerson JP, Becker GJ, Meaney JA, Miranda M, Folcik MA. Anteromedial tibial tubercle transfer without bone graft. *Am J Sports Med*, 18:490–496, (1990).

[31] Guerrero P, Li X, Patel K, Brown M, Busconi B. Medial patellofemoral ligament injury patterns and associated pathology in lateral patella dislocation: an MRI study. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol*, 1:1–7, (2009).

[32] Hautamaa PV, Fithian DC, Kaufman KR, Daniel DM, Pohlmeyer AM. Medial Soft Tissue Restraints in Lateral Patellar Instability and Repair. *Clin Orthop Relat Res*, 349:174–182, (1998).

[33] Howells NR, Barnett AJ, Ahearn N, Ansari A, Eldridge JD. Medial patellofemoral ligament reconstruction. A prospective outcome assessment of a large single centre series. *J Bone Joint Surg Br*, 94-B:1202–1208, (2012).

[34] Koëter S, Diks MJF, Anderson PG, Wymenga AB. A modified tibial tubercle osteotomy for patellar maltracking. *J Bone Joint Surg Br*, 89-B:180–185, (2007).

[35] Köhlitz T, Scheffler S, Jung T, Hoburg A, Vollnberg B, Wiener E, Diederichs G. Prevalence and patterns of anatomical risk factors in patients after patellar dislocation: a case control study using MRI. *Eur Radiol*, 23:1067–1074, (2013).

[36] Kohn LM, Meidinger G, Beitzel K, Banke IJ, Hensler D, Imhoff AB, Schöttle PB. Isolated and Combined Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction in Revision

Surgery for Patellofemoral Instability. *Am J Sports Med*, 41:2128–2135, (2013).

[37] Kolowich PA, Paulos LE, Rosenberg TD, Farnsworth S. Lateral release of the patella: Indications and contraindications. *Am J Sports Med*, 18:359–365, (1990).

[38] Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of Patellofemoral Disorders. *Arthroscopy*, 9:159–163, (1993).

[39] Kuroda R, Kambic H, Valdevit A, Andrish JT. Articular Cartilage Contact Pressure after Tibial Tuberosity Transfer. A Cadaveric Study. *Am J Sports Med*, 29:403–409, (2001).

[40] LaPrade RF, Engebretsen AH, Ly TV, Johansen S, Wentorf FA, Engebretsen L. The Anatomy of the Medial Part of the Knee. *J Bone Joint Surg Am*, 89:2000–2010, (2007).

[41] Lippacher S, Dejour D, Elsharkawi M, Dornacher D, Ring C, Dreyhaupt J, Reichel H, Nelitz M. Observer Agreement on the Dejour Trochlear Dysplasia Classification: A Comparison of True Lateral Radiographs and Axial Magnetic Resonance Images. *Am J Sports Med*, 40:837–843, (2012).

[42] Mäenpää H, Lehto MUK. Patellar dislocation has predisposing factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 4:212–216, (1996).

[43] Mahadevan V, Amis A, Bull A, Gubte CM, Lee J. *Knee*. In: Standring S (Hrsg) Gray‘s Anatomy, 40.Aufl, Churchill Livingstone Elsevier, Oxford, 1393-1410, (2008).

[44] Miller JR, Adamson GJ, Pink MM, Fraipont MJ, Durand P. Arthroscopically Assisted Medial Reefing Without Routine Lateral Release for Patellar Instability. *Am J Sports Med*, 35:622–629, (2007).

[45] Mitsou A, Vallianatos P, Piskopakis N, Maheras S. Anterior cruciate ligament reconstruction by over-the-top repair combined with popliteus tendon plasty. *J Bone Joint Surg Br*, 72-B:398–404, (1990).

[46] Muneta T, Yamamoto H, Ishibashi T, Asahina S, Furuya K. Computerized Tomographic Analysis of Tibial Tubercle Position in the Painful Female Patellofemoral Joint. *Am J Sports Med*, 22:67–71, (1994).

[47] Nagawaka K, Wada Y, Minamide M, Tsuchiya A, Moriya H. Deterioration of long-term clinical results after the Elmslie-Trillat procedure for dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg Br*, 84-B:861–864, (2002).

[48] Nam EK, Karzel RP. Mini-Open Medial Reefing and Arthroscopic Lateral Release for the Treatment of Recurrent Patellar Dislocation. *Am J Sports Med*, 33:220–230, (2005).

[49] Nelitz M, Theile M, Dornacher D, Wölfle J, Reichel H, Lippacher S. Analysis of failed surgery for patellar instability in children with open growth plates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20:822–828, (2012).

[50] 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*, 41:1005–1012, (2013).

[51] Nelitz M, Lippacher S. Arthroscopic evaluation of trochlear dysplasia as an aid in decision making for the treatment of patellofemoral instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Jul 4 [Epub ahead of print], (2013).

[52] Nomura E, Inoue M. Surgical Technique and Rationale for Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Recurrent Patellar Dislocation. *Arthroscopy*, 19:E47, (2003).

[53] Nomura E, Inoue M. Hybrid Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Using the Semitendinous Tendon for Recurrent Patellar Dislocation: Minimum 3 Years' Follow-up. *Arthroscopy*, 22:787–793, (2006).

[54] Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrman M, Scuderi G. Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on

medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 14:7–12, (2006).

[55] Parikh SN, Nathan ST, Wall EJ, Eismann EA. Complications of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction in Young Patients. *Am J Sports Med*, 41:1030–1038, (2013).

[56] Petersen W, Forkel P, Achtnich A. Chronische patellofemorale Instabilität. *Unfallchirurg*, 115:397–409, (2012).

[57] Pfirrmann CWA, Zanetti M, Romero J, Hodler J. Femoral Trochlear Dysplasia: MR Findings. *Radiology*, 216:858–864, (2000).

[58] Philippot R, Boyer B, Testa R, Farizon F, Moyen B. The role of the medial ligamentous structures on patellar tracking during knee flexion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20:331–336, (2012).

[59] Ramappa AJ, Apreleva M, Harrold FR, Fitzgibbons PG, Wilson DR, Gill TJ. The Effects of Medialization and Anteromedialization of the Tibial Tubercle on Patellofemoral Mechanics and Kinematics. *Am J Sports Med*, 34:749–756, (2006).

[60] Ronga M, Oliva F, Longo UG, Testa V, Capasso G, Maffulli N. Isolated Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Recurrent Patellar Dislocation. *Am J Sports Med*, 37:1735–1742, (2009).

[61] Salzmann GM, Weber TS, Spang JT, Imhoff AB, Schöttle PB. Comparison of native axial radiographs with axial MR imaging for determination of the trochlear morphology in patients with trochlear dysplasia. *Arch Orthop Trauma Surg*, 130:335–340, (2010).

[62] Schöttle PB, Fucentese SF, Pfirrmann C, Bereiter H, Romero J. Trochleaplasty for patellar instability due to trochlear dysplasia. *Acta Orthop*, 76:693–698, (2005).

[63] Schöttle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A. Radiographic Landmarks for Femoral Tunnel Placement in Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Am*

J Sports Med, 35:801–804, (2007).

[64] 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*, 40:1916–1923, (2012).

[65] Sherman SL, Erickson BJ, Cvetanovich GL, Chalmers PN, Farr J, Bach BR, Cole BJ. Tibial Tuberosity Osteotomy: Indications, Techniques, and Outcomes. *Am J Sports Med*, Nov 6 [Epub ahead of print], (2013).

[66] Singerman R, Davy DT, Goldberg VM. Effects of patella alta and patella infera on patellofemoral contact forces. *J Biomech*, 27:1059–1065, (1994).

[67] Smith TO, Hunt NJ, Donell ST. The reliability and validity of the Q-angle: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 16:1068–1079, (2008).

[68] Song SY, Kim IS, Chang HG, Shin JH, Kim HJ, Seo YJ. Anatomic medial patellofemoral ligament reconstruction using patellar suture anchor fixation for recurrent patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Oct 14 [Epub ahead of print], (2013).

[69] Stefancin JJ, Parker RD. First-time Traumatic Patellar Dislocation. *Clin Orthop Relat Res*, 455:93–101, (2007).

[70] Steimer O, Kohn D. Anteromedialisierung der Tuberositas tibiae. *Arthroskopie*, 21:15–21, (2008).

[71] Steiner TM, Torga-Spak R, Teitge RA. Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction in Patients With Lateral Patellar Instability and Trochlear Dysplasia. *Am J Sports Med*, 34:1254–1261, (2006).

[72] Tanaka MJ, Bollier MJ, Andrish JT, Fulkerson JP, Cosgarea AJ. Complications of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: Common Technical Errors and Factors for Success. *J Bone Joint Surg Am*, 94:e87(1–8), (2012).

[73] Tegner Y, Lysholm J. Rating Systems in the Evaluation of Knee Ligament Injuries. *Clin Orthop Relat Res*, 198:43–49, (1985).

[74] von Knoch F, Böhm T, Bürgi ML, von Knoch M, Bereiter H. Trochleaplasty for recurrent patellar dislocation in association with trochlear dysplasia. *J Bone Joint Surg Br*, 88-B:1331–1335, (2006).

[75] 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*, 21:318–324, (2012).

[76] Waldt S, Rummeny EJ. Bildgebung der patellofemoralen Instabilität. *Radiologe*, 52:1003–1011, (2012).

[77] Ward SR, Terk MR, Powers CM. Patella Alta: Association with Patellofemoral Alignment and Changes in Contact Area During Weight-Bearing. *J Bone Joint Surg Am*, 89:1749–1755, (2007).

[78] Watanabe T, Muneta T, Ikeda H, Tateishi T, Sekiya I. Visual analog scale assessment after medial patellofemoral ligament reconstruction: with or without tibial tubercle transfer. *J Orthop Sci*, 13:32–38, (2008).

[79] Weber-Spickschen TS, Spang J, Kohn L, Imhoff AB, Schöttle PB. The relationship between trochlear dysplasia and medial patellofemoral ligament rupture location after patellar dislocation: An MRI evaluation. *Knee*, 18:185–188, (2011).

[80] Wülker N, Kohn D, Siebert WE; Wirth CJ. Die Bedeutung des Aktivitäts-Scores bei der Bewertung von Kniebandrekonstruktionen. *Sportverl.-Sportscha.*, 5:130–134, (1991).

[81] Zaffagnini S, Colle F, Lopomo N, Sharma B, Bignozzi S, Dejour D, Marcacci M. The influence of medial patellofemoral ligament on patellofemoral joint kinematics and patellar stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 21:2164–2171, (2012).

Anhang

Der Anhang enthält:

- Tegner Lysholm Knee Scoring Scale
- Tegner Aktivitätsscore
- Kujala-Score

Tegner Lysholm Knee Scoring Scale [73]

1. Hinken	
- nein	5
- leicht oder zeitweise	3
- stark und konstant	1
2. Belastung	
- volle Belastung möglich	5
- Gehstützen oder Stock	3
- keine Belastung möglich	0
3. Blockierung	
- keine Blockierung und kein Einklemmungsgefühl	15
- Einklemmungsgefühl, aber keine Blockierung	10
- gelegentliche Blockierungen	6
- häufige Blockierungen	2
- blockiertes Gelenk während der Untersuchung	0
4. Instabilität	
- keine Zeichen von Instabilität	25
- selten bei Sport oder schwerer Belastung	20
- regelmäßig bei Sport oder schwerer Belastung (oder Sportunfähigkeit)	15
- gelegentlich bei Alltagsaktivitäten	10
- häufig bei Alltagsaktivitäten	5
- bei jedem Schritt	0
5. Schmerzen	
- keine	25
- unstetig und leicht während starker Belastung	20
- deutlich bei starker Belastung	15
- deutlich während oder nach >2 km Gehstrecke	10
- deutlich während oder nach <2 km Gehstrecke	5
- konstant	0

6. Schwellung	
- keine	10
- nach schwerer Belastung	6
- nach alltäglicher Belastung	2
- konstant	0
7. Treppensteigen	
- ohne Probleme	10
- leicht beeinträchtigt	6
- eine Stufe nach der anderen	2
- unmöglich	0
8. In die Hocke gehen	
- ohne Probleme	5
- leicht beeinträchtigt	4
- nicht weiter als 90°	2
- unmöglich	0
Gesamtpunktzahl:	

Tegner Aktivitätsscore [73]

Aktivitätslevel	**Punkte**
Arbeitsunfähigkeit oder Frühberentung aufgrund von Knieproblemen	0
Sitzende Tätigkeit Laufen auf ebenem Grund möglich	1
Leichte Arbeit Laufen auf unebenem Grund möglich, nicht aber im Wald	2
Leichte Arbeit (z.B. Krankenschwester) Schwimmen oder Waldspaziergänge als Freizeit- oder Wettkampfsport	3
Mittelschwere körperliche Arbeit (z.B. Lastwagenfahren, schwere Hausarbeit) Radfahren, Langlauf, Jogging (eben) mind. 2x pro Woche (Freizeitsport)	4
Schwere körperliche Arbeit (z.B. Bauarbeit, Waldarbeit) Radfahren, Skilanglauf (Wettkampfsport), Joggen (uneben) mind. 2x pro Woche	5
Tennis, Badminton, Hand-/Basketball, Alpin-Ski, Joggen mind. 5x pro Woche	6
Tennis, Leichtathletik (Sprint), Motocross, Hand-/Basketball (Wettkampfsport) Fußball, Eishockey, Squash, Weit-/Hochsprung (Freizeit- oder Wettkampfsport)	7
Hallenballsport ohne Gegnerkontakt, Leichtathletik, Alpin-Ski als Wettkampfsport	8
Regionale Turniere: Ballsportarten mit Gegnerkontakt (Inter-) Nationale Turniere: Alpin-Ski, Ballsportarten ohne Gegnerkontakt, Fußball	9
(Inter-) Nationale Turniere: Ballsportarten mit Gegnerkontakt	10

Kujala-Score [38]

1.Humpeln/hinken beim Gehen
- nie (5)
- etwas oder periodisch (3)
- konstant/dauerhaft (0)

2. Gewichtsbelastung des Kniegelenks
- volle Belastung ohne Schmerz (5)
- schmerzhaft (3)
- unmöglich (0)

3. Normales Gehen im Alltag
- unbegrenzt ohne Schmerz (5)
- mehr als 2 km möglich (3)
- 1-2 km möglich (2)
- unmöglich (0)

4. Treppen steigen
- keine Schwierigkeit (10)
- leichter Schmerz treppab (8)
- Schmerz treppab und -auf (5)
- nicht mehr möglich (0)

5. Hocke/tiefe Kniebeuge
- keine Schwierigkeit (5)
- Schmerz bei wiederholter Bewegung (4)
- Schmerz bei jeder Bewegung (3)
- möglich unter Teilbelastung des betroffenen Kniegelenks (2)
- nicht mehr möglich (0)

8. Längeres Sitzen mit gebeugtem Knie
- keine Schwierigkeit (10)
- Schmerz nach Übungen (8)
- konstanter Schmerz (6)
- wegen Schmerz muss das Kniegelenk zeitnah gestreckt werden (4)
- nicht mehr möglich (0)

9. Schmerz
- kein Schmerz (10)
- leicht und gelegentlich (8)
- stört den Schlaf (6)
- gelegentlich starker Schmerz (3)
- konstant starker Schmerz (0)

10. Schwellung
- keine Schwellung (10)
- nach schweren Anstrengungen (8)
- nach Alltagsaktivitäten (6)
- jeden Abend (4)
- konstant/dauerhaft (0)

11. Abnormale schmerzhafte Bewegung der Kniescheibe
- niemals (10)
- gelegentlich beim Sport (6)
- gelegentlich bei Alltagsaktivitäten
- mindestens eine dokumentierte Dislokation der Kniescheibe (2)
- mehr als 2 Dislokationen (0)

6. Rennen/Joggen - keine Schwierigkeit (10) - Schmerz bei mehr als 2 km (8) - bei Beginn ein leichter Schmerz (6) - bei Beginn starke Schmerzen (3) - nicht mehr möglich (0) 7. Springen - keine Probleme (10) - geringe Schwierigkeit (7) - konstanter Schmerz (2) - nicht mehr möglich (0)	12. Muskelabnahme des Oberschenkels - keine Muskelabnahme (5) - leichte Abnahme (3) - starke Abnahme (0) 13. Defizite bei Kniebeugung - keine Defizite (5) - leichte Defizite (3) - starke Defizite (0) **Gesamtpunktzahl:**

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.